Fraunhofer
IIS

FRAUNHOFER-ARBEITSGRUPPE FÜR SUPPLY CHAIN SERVICES SCS

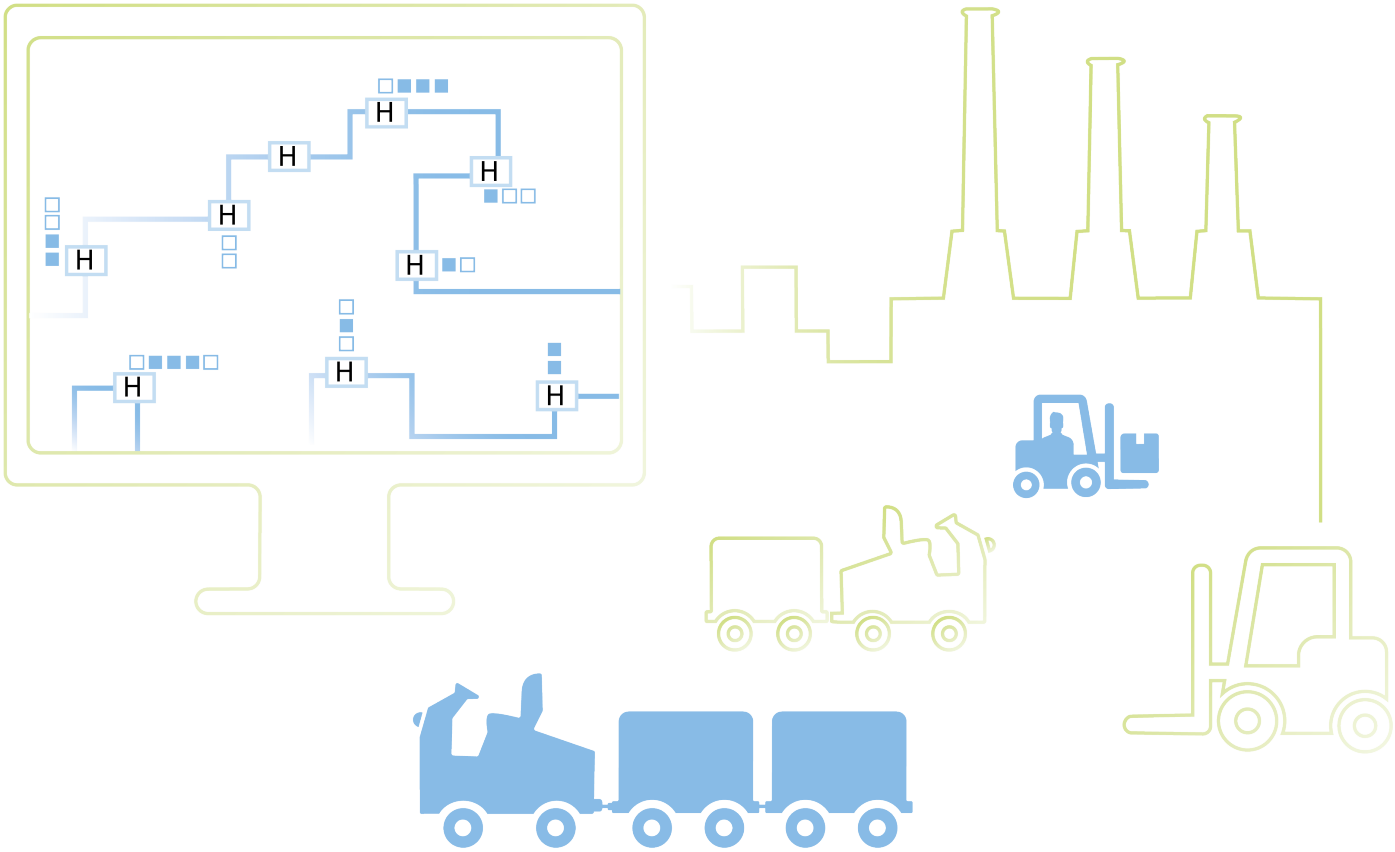
INTRALOGISTISCHE TRANSPORTPROZESSE MIT FLURFÖRDERZEUGEN IN PRODUZIERENDEN UNTERNEHMEN

EXPERTENBEFRAGUNG ZUM STATUS QUO UND DER DIGITALISIERUNG DER INTRALOGISTISCHEN TRANSPORTPROZESSE

WHITE PAPER

CHRISTOPH HOHMANN

Herausgeber: Alexander Pflaum | Roland Fischer | FRAUNHOFER SCS



Fraunhofer
IIS

Intralogistische Transportprozesse mit Flurförderzeugen in produzierenden Unternehmen

Expertenbefragung zum Status Quo und der Digitalisierung der intralogistischen Transportprozesse

Autor:

Christoph Hohmann

Datum interne Veröffentlichung:

Juli 2017

Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Die Forschungsarbeiten werden im Rahmen des Leitprojekts »Technologien und Lösungen für die digitalisierte Wertschöpfung« vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert. Innerhalb der Initiative BAYERN DIGITAL ist es Bestandteil der Themenplattform Digitale Produktion.
Weitere Informationen finden Sie unter www.digitalisierte-wertschoepfung.de.

INHALT

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 4

1 AUSGANGSSITUATION 5

1.1 Die Anforderungen im kontinuierlichen Wandel 5

1.2 Anspruch und Vorgehensweise der Studie 6

2 GRUNDLAGEN DER INTRALOGISTIK UND ASPEKTE DER DIGITALISIERUNG IN DER LOGISTIK 8

2.1 Grundlagen der Intralogistik 8

2.2 Aspekte der Digitalisierung in der Intralogistik 11

3 PROZESSKETTENELEMENTE INTRALOGISTISCHERTRANSPORTPROZESSE MIT FLURFÖRDERZEUGEN 14

3.1 Prozesskettenmodell von Kuhn 14

3.2 Darstellung der Elemente aus der Expetrenbefragung 15

3.3 Zusammenfassung der Ressourcen intralogistischer Transportprozesse 34

3.4 Fazit zu den aktuellen Prozessen 37

4 ZUKÜNFTIGE HERAUSFORDERUNGEN UND VISION DER INTRALOGISTIK AUS SICHT DER UNTERNEHMEN 40

5 IMPLIKATIONEN FÜR FORSCHUNG UND PRAXIS 42

6 ANHANG 44

6.1 Literaturverzeichnis 44

6.2 Abbildungsverzeichnis 47

6.3 Tabellenverzeichnis 47

6.4 Der Autor 48

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BA	Bauauftrag
CPS	Cyber-Physisches System
ERP	Enterprise Resource Planning
EWM	Extended Warehouse Management
FA	Fertigungsauftrag
FFZ	Flurförderzeug
FTS	Fahrerloses Transportsystem
MA	Materialanforderung
PKE	Prozesskettenelement

1 AUSGANGSSITUATION

1.1 DIE ANFORDERUNGEN IM KONTINUIERLICHEN WANDEL

Die Anforderungen an die Herstellung von Gütern haben sich in den letzten Jahrzehnten stark gewandelt. Der Markt hat sich in vielen Bereichen zu einem Käufermarkt entwickelt, bei dem die Kunden Wert auf Flexibilität, Lieferzeiten und Termintreue legen und dies von den Unternehmen einfordern. Das Produkt als solches erzeugt in den meisten Fällen mittlerweile nur noch geringe Wettbewerbsvorteile. Zudem ist durch das Internet die Transparenz für den Kunden und somit auch der Wettbewerbsdruck zwischen Unternehmen erheblich gestiegen (Kletti, 2015). Wie eine Studie des Fraunhofer IAO aus dem Jahr 2013 aufzeigt, ist das Ende dieser Entwicklung noch nicht erreicht und die Anforderungen an die Produktionsarbeit der Zukunft werden weiter steigen. Vor allem die Nachfrageschwankungen werden deutlich zunehmen, sodass die Flexibilität einer Produktion für deren effizienten Betrieb immer wichtiger wird (Spath, 2013). Die steigenden Anforderungen betreffen dabei nicht nur die Herstellung von Produkten, sondern auch die angrenzenden Prozesse wie etwa die Logistik. Durch die enge Verzahnung der Unternehmensprozesse haben Veränderungen häufig einen breiten Wirkungsradius. So haben Nachfrageschwankungen bspw. einen erheblichen Einfluss auf die Materialbereitstellung in produzierenden Unternehmen (Müller-Dauppert, 2015). Die zunehmende Individualisierung von Produkten sorgt in der Produktion für immer kleiner werdende Losgrößen, weshalb die Anforderung an die Materialbereitstellung ebenfalls steigen (Freitag, Thamer, Lappe, Uriarte, 2015). In diesem Zusammenhang sind die Reduktion von Lagerkosten sowie neue Belieferungsstrategien wie Just in Time oder Just in Sequenz ein bedeutender Einflussfaktor (Spathelf, 2006). Die intralogistischen Transportprozesse sind daher für eine flexible und effiziente Produktion sehr wichtig und haben in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Während Herstellungsprozesse heute bereits schon sehr optimiert sind, bietet die Intralogistik noch zahlreiche Potenziale zur Verbesserung (Delfmann, Dangelmaier, Günthner, Klaus, Overmeyer, Rothengatter, Weber, Zentes, 2010).

Deutliche Veränderungen ergeben sich in diesen Bereichen seit einigen Jahren durch die Digitalisierung, welche im deutschsprachigen Raum auch als Industrie 4.0 bezeichnet wird. Der Einfluss dieser Entwicklungen wird aktuell stark in Wissenschaft und Praxis diskutiert (Hofmann, Rüsch, 2017; Kiel, 2017; Schweer, Sahl, 2017; Geitz, Blauermel, Feuchter, Jacobi, Peychal-Heiling, Süssenguth, Haeffs, 2012). Auch im Bereich der intralogistischen Transporte gibt es bereits einige Ergebnisse und Ausblicke, wie sich die Digitalisierung auf diesen Bereich auswirkt (Pfeiffer, Zirnig, Suphan, 2016; Tödter, Viereck, Krüger-Basjmeleh, Wittmann, 2015; Beyer, Göhner, Yousefifar, Wehking, 2016). Um die Effekte der Digitalisierung auf die intralogistischen Transportprozesse klar und nachvollziehbar darzustellen, ist ein strukturiertes Vorgehen notwendig. Grundlage hierfür ist ein umfassendes Verständnis der aktuellen Transportprozesse in den Unternehmen, welches in dieser Studie durch das nachfolgend beschriebene Vorgehen geschaffen werden soll.

1.2 ANSPRUCH UND VORGEHENSWEISE DER STUDIE

Im Rahmen dieser Studie soll ein strukturiertes Grundverständnis dafür geschaffen werden, wie der Status quo der aktuellen innerbetrieblichen Transportprozesse in produzierenden Unternehmen ist. Dabei sollen die Einzelheiten zum Material- und Informationsfluss der Transportprozesse aufgenommen werde, um hieraus anschließend generische Prozessbausteine zu formulieren. Um dieses Vorgehen zu strukturieren ist die Verwendung eines wissenschaftlich erarbeiteten Prozessmodellframeworks zwingend erforderlich. Ziel ist es eine Reihe von generischen Prozessbausteinen zu entwickeln, durch deren Kombination eine Vielzahl von Prozesskonfigurationen abgebildet werden können. Diese Prozessbausteine sollen dabei unabhängig von der Fördertechnik, der technologischen Ausprägung oder anderen unternehmensindividuellen Faktoren detailliert beschreiben, welche Ressourcen und Rahmenbedingungen notwendig sind, um den Input in den Output des jeweiligen Prozessschritts zu transformieren. Auf dieser Basis ergibt sich eine grundlegende Sammlung an Prozessbausteinen, welche ein strukturiertes Verständnis der aktuellen intralogistischen Transportprozesse in produzierenden Unternehmen schafft.

Die gesammelten Inhalte zum Status quo der intralogistischen Transportprozesse können anschließend mit den aktuellen Forschungsergebnissen der Digitalisierung in der Logistik in Zusammenhang gebracht werden. Hierdurch können der Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Roadmap auf dem Weg zur Digitalisierung der Logistik definiert und erste grundlegende Schritte explizit aufgezeigt werden.

Zusammenfassend sind die Ziele dieser Studie:

- Strukturierte Darlegung des Status quo der intralogistischen Transportprozesse produzierender Unternehmen
- Darstellung der Aspekte der Digitalisierung in der Logistik
- Identifikation von Herausforderungen der Unternehmen auf dem Weg zur Digitalisierung
- Darstellung der Bedarfe von Unternehmen auf dem Weg zur Digitalisierung der Logistik

Im Rahmen einer strukturierten Vorgehensweise wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Literaturrecherche zu Grundlagen der Intralogistik sowie der Digitalisierung
- Recherche geeigneter Prozessmodellframeworks
- Entwicklung eines Interviewleitfadens zur Erhebung des Status quo der intralogistischen Transportprozesse
- Expertenbefragung mit Intralogistikverantwortlichen produzierender Unternehmen
- Entwicklung von Prozessmodellbausteinen
- Strukturierung weiterer Inhalte aus der Expertenbefragung
- Ableitung aktueller Bedarfe der Unternehmen auf dem Weg zur Digitalisierung

Zunächst wurden durch eine intensive Literaturreche die Grundlagen der Intralogistik strukturiert zusammengetragen. Hierdurch wurde eine umfassende Basis der Begrifflichkeiten geschaffen, um den Bereich der intralogistischen Transportprozesse nachvollziehbar abzugrenzen. Dabei wurde bereits deutlich, dass zwar ein klares Bild der Intralogistik besteht, die Abgrenzung zur Beschaffungs- und Distributionslogistik jedoch nicht bei allen Autoren transparent wird. Anschließend wurde die wissenschaftliche Literatur nach Visionen für die Digitalisierung in der Logistik durchsucht. Die hier gefundenen Ansätze wurden konsolidiert und zu einem Gesamtbild zusammengefügt. Der dritte Bereich der Recherche bezog sich auf die Suche nach geeigneten Prozessmodellframeworks, mit deren Hilfe der in den Interviews erhobene Prozess in einzelne Teile zerlegt und umfassend beschreiben werden konnte. Hierfür wurden zunächst die Anforderungen an ein solches Framework definiert, um anschließend nach konkreten wissenschaftlich fundierten Modellen zu suchen.

Nachdem die Recherchen durchgeführt und die Ergebnisse konsolidiert waren, wurde im nächsten Schritt ein detaillierter Interviewleitfaden entwickelt, der als Leitlinie für die Expertenbefragung dienen sollte. Da im Laufe der Interviews durch die Experten neue Aspekte angesprochen wurden, ist der Interviewleitfaden im Verlauf der Expertenbefragung mit zusätzlichen Fragen ergänzt worden. Insgesamt wurden 7 Intralogistikverantwortliche produzierender Unternehmen befragt. Die Gesprächspartner waren überwiegend in kleinen und mittelständisch geprägten Unternehmen tätig, welche der Automobilzulieferindustrie, dem Maschinenbau sowie der Elektronikindustrie zugeordnet werden können. Die Interviewpartner waren ausschließlich Führungskräfte im Bereich der Intralogistik und hatten somit ein detailliertes operatives Verständnis sowie einen fundierten Überblick über die Zusammenhänge der intralogistischen Transportprozesse. Die Gespräche dauerten dabei zwischen 45 Minuten und einer Stunde und 20 Minuten. Die gesammelten Inhalte wurden anschließend gemäß dem Vorgehen von Mayring (2008) systematisch analysiert, ausgewertet sowie codiert. Die Inhalte wurden nach Abschluss der Interviewstudie dazu genutzt, die Prozesselemente umfassend zu definieren. Weitere Aspekte der Interviewpartner, insbesondere hinsichtlich der Digitalisierung und den zukünftigen Herausforderungen der Intralogistik, wurden ebenfalls strukturiert und konsolidiert, sodass sich ein umfassendes Bild der aktuellen Situation darstellen lässt.

Der Status quo wurde anschließend mit den Visionen der Digitalisierung in der Logistik in Zusammenhang gebracht. Hieraus wurden die Bedarfe der Unternehmen auf dem Weg zur Digitalisierung abgeleitet, sowie wichtige nächste Schritte auf diesem Weg aufgezeigt. Abschließend sind in der Studie die Einschätzungen der Experten über die zukünftigen Herausforderungen und Visionen für die intralogistischen Transportprozesse zusammengefasst.

2 GRUNDLAGEN DER INTRALOGISTIK UND ASPEKTE DER DIGITALISIERUNG IN DER LOGISTIK

2.1 GRUNDLAGEN DER INTRALOGISTIK

Die Intralogistik ist als Teilgebiet der Logistik erstmals im Juni 2003 namentlich erwähnt worden. Im Rahmen einer Pressekonferenz zur CEMAT 2005 wurde vom Verband der Deutschen Maschinen- und Anlagenbauer eine Definition der Intralogistik vorgestellt, welche bis heute überwiegend als Beschreibung dieser Branche zitiert wird.

„Die Intralogistik umfasst die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme sowie des Warenumschlags in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen" (Arnold, 2006, S.1).

Diese Definition hat in der Fachwelt bis heute eine breite Zustimmung gefunden. Zusammenfassend beschreibt sie all diejenigen Tätigkeiten, die sich mit dem innerbetrieblichen Materialfluss beschäftigen. Dabei ist allerdings wichtig zu erwähnen, dass die Intralogistik nicht nur aus dem Materialfluss besteht. Vielmehr ist der Informationsfluss insbesondere hinsichtlich der zunehmenden Digitalisierung ein entscheidender Teil der Intralogistik (Arnold, 2006; Günther, 2006; ten Hompel, 2010; Martin, 2014).

Zur verständlichen Einordnung und Abgrenzung von anderen Teilbereichen der Logistik ist in Abbildung 1 die Intralogistik im Kontext der Unternehmenslogistik eingeordnet und von anderen Bereichen abgegrenzt.

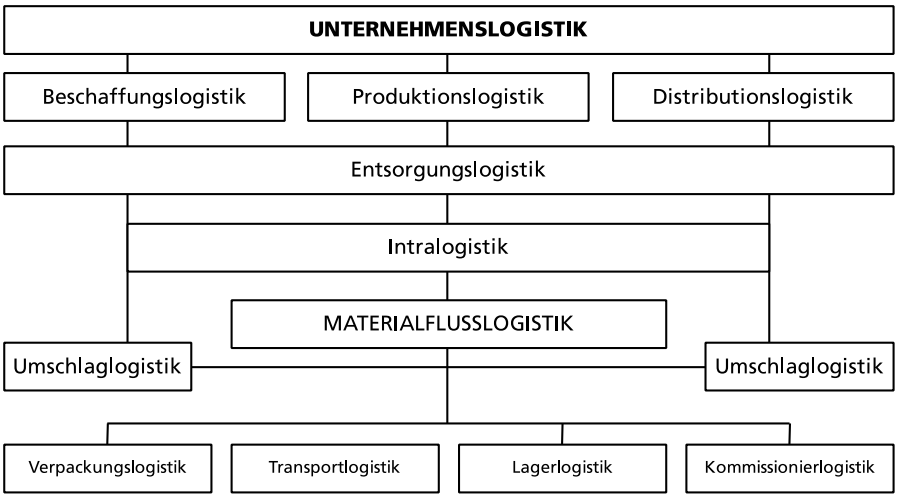


Abbildung 1: Struktur der Unternehmenslogistik
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Martin, 2014 S.4

Anhand dieser Abbildung lässt sich gut erkennen, dass die Intralogistik einen Großteil der logistischen Aufgaben innerhalb eines Unternehmensstandorts übernimmt. Neben der Produktionslogistik umfasst dies auch Teile der Beschaffungs-, Distributions- und Entsorgungslogistik (Martin, 2014; Pfohl, 2010). Somit wird deutlich, dass die Intralogistik aus vielen Teilbereichen besteht und diese in effizienter Weise kooperieren müssen, damit sie die Anforderungen erfüllen können. Aus diesem Grund ist es essentiell, die intralogistischen Prozesse als Gesamtsystem zu verstehen und die Zusammenhänge zwischen ein-

zelnen Teilsystemen umfassend abzubilden. Hierdurch lassen sich Insellösungen vermeiden, welche unter Umständen für einen Teilbereich nutzenstiftend sind, hinsichtlich eines Gesamtoptimums allerdings negative Auswirkungen haben. Zudem lassen sich im Gesamtsystem Synergieeffekte erkennen und nutzen (Steven, 2015; Hofmann, Rüsch, 2017).

Die wichtigsten operativen Funktionen der Intralogistik sind das Umschlagen, Lagern, Transportieren, Kommissionieren und das Verpacken. Diese Aufgaben sind Teil des Materialflusses und werden durch einen Fluss von Informationen begleitet. Dabei müssen Material- und Informationsfluss nicht immer parallel laufen (Martin, 2014). Im Rahmen dieser Studie wird ein besonderer Fokus auf den Bereich der intralogistischen Transportprozesse gelegt, um diese detailliert zu betrachten. Der innerbetriebliche Transport sorgt für eine räumliche Überbrückung von Quelle zu Senke. Somit werden die benötigten Güter an der Quelle aufgenommen und zur Senke, bspw. einer Produktionsmaschine, befördert (Schuh, Hering, Brunner, 2013). Aufgrund der zunehmenden Ausschöpfung von Rationalisierungspotenzialen steigt die Bedeutung des innerbetrieblichen Transports kontinuierlich. Die fortlaufende Reduzierung von Lagerbeständen in produzierenden Unternehmen macht eine zuverlässige Materialversorgung unabdingbar. Somit befindet sich die innerbetriebliche Transportlogistik kontinuierlich im Zwiespalt zwischen möglichst geringen Kosten für die Transporte auf der einen Seite und hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Flexibilität auf der anderen Seite (Schmidt, Schneider, 2008).

Die innerbetrieblichen Transportprozesse können dabei als Transportsystem verstanden werden. Wie in Abbildung 2 zu sehen, besteht ein Transportsystem dabei aus den drei Komponenten: Transportorganisation, Transporttechnik und Transporteinheit (Martin, 2014).

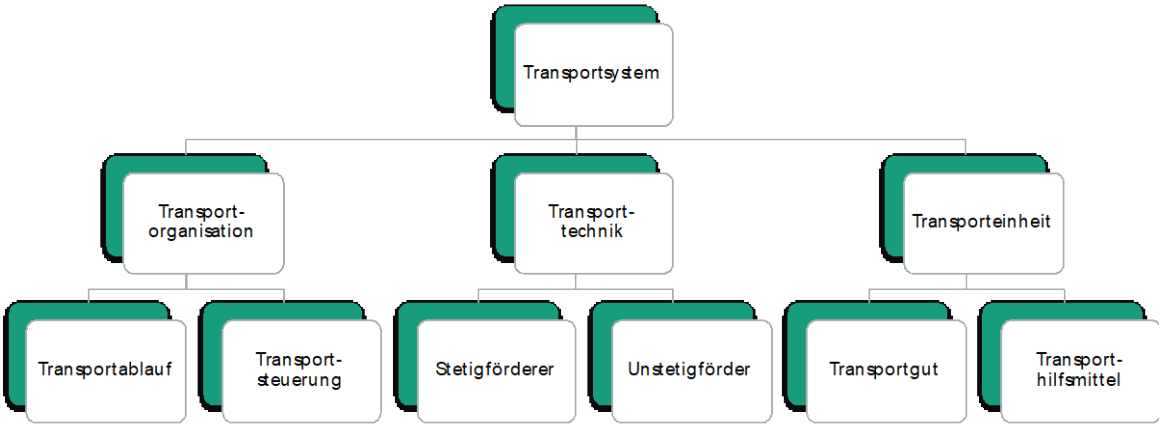


Abbildung 2: Elemente eines Transportsystems
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Martin, 2014, S.98

Die **Transportorganisation** ist für den konkreten Ablauf der Transportprozesse zuständig. Dabei werden zum einen die genauen Prozessschritte definiert. Zum anderen wird die Vielzahl an durchzuführenden Transportprozessen unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingen und Anforderungen koordiniert. So wird bspw. auch die Auslastung der eingesetzten Flurförderzeuge überwacht und gezielt gesteuert (Eisenkopf, 2008).

Die **Transporttechnik** befasst sich mit den zum Transport eingesetzten Transportmitteln. Hier kann unterschieden werden zwischen Stetig- und Unstetigförderern. Stetigförderer sind dadurch gekennzeichnet, dass sie festgelegte, gleichbleibende Fördermittel

besitzen und diese auf zuvor festgelegten Wegen transportieren (Sebulke, 2007). Beispiele für Stetigförderer sind Rollbahnen, Kugelbahnen und Rutschen (Martin, 2014). Unstetigförderer lassen sich hingegen noch weiter unterscheiden. Hier sind flurgebundene und flurfreie Transportmittel voneinander abzugrenzen. Bei den flurfreien Transportmitteln handelt es sich bspw. um Krane, Trolleybahnen und Rohrbahnen, welche die Güter ohne Berührung des Bodens transportieren. Demgegenüber stehen die flurgebundenen Transportmittel, welche wiederum nach frei fahrbaren und geführt fahrbaren Geräten unterschieden werden. Zwei weit verbreitete Transportmittel aus der Klasse der frei fahrbaren sind Flurförderzeuge (FFZ) wie Gabelstapler oder Routenzüge (Aßmann, 2008). Die Flurförderzeuge lassen sich zusätzlich in die Art der Bedienung unterteilen. So gibt es auf der einen Seite manuell geführte FFZ, für deren Bedienung ein Mitarbeiter mit speziellen Kenntnissen benötigt wird. Das andere Ende des Spektrums markieren sog. Fahrerlose Transportsysteme (FTS), welche durch den Einsatz von Identifikations- und Kommunikationstechnologien vollkommen automatisiert operieren können (Schuldt, 2011; Heiserich, 2013).

Als dritte wichtige Komponente eines Transportsystems ist die **Transporteinheit** zu nennen. Diese besteht zum einen aus dem eigentlichen Transportgut, welches dem zu transportierenden Element entspricht. Die Arten von Transportgütern können dabei stark variieren und reichen von Schüttgut wie bspw. Schrauben bis hin zu großen Karosserieteilen im Automobilbau. Durch die Zunahme an Teilen durch die Individualisierung in der Produktion hat auch die Zahl unterschiedlicher Transportgüter stark zugenommen (Schmidt, Schneider, 2008). Aus diesem Grund besteht der Bedarf nach Transporthilfsmitteln. Dies können bspw. spezielle Boxen sein, in denen sich die Transportgüter befinden. Das Transporthilfsmittel dient in vielen Fällen dazu, den Transport eines Transportgutes durch eine definierte Transporttechnik überhaupt erst möglich zu machen (Martin, 2014). Zudem erfolgt in vielen Fällen bei Wechsel eines Transportmittels auch ein Wechsel des Transporthilfsmittels (Schuh et al.; 2013).

Alle drei Komponenten sind essentielle Bestandteile eines effizienten Transportsystems und sind zwingender Bestandteil desselben, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen.

Zur Sicherstellung des innerbetrieblichen Material- sowie des zugehörigen Informationsflusses ergeben sich für die intralogistischen Transportprozesse eine Reihe von Zielen. Wie bereits beschrieben, steigt die Bedeutung der zuverlässigen Materialbereitstellung aufgrund sinkender Bestände zunehmend, weshalb dem Serviceziel eine besondere Bedeutung zukommt (Steven, 2015). Hierunter wird die bedarfsgerechte Lieferung der benötigten Güter nach den 7R von Plowman verstanden.

Es muss dafür gesorgt werden, dass

- das richtige Gut,
- in der richtigen Menge,
- im richtigen Zustand,
- am richtigen Ort,
- zur richtigen Zeit,
- für den richtigen Kunden,
- zu den richtigen Kosten,

bereitgestellt wird (Plowman, 1964).

Neben dem operativen Serviceziel haben die ökonomischen Ziele, welche sich aus dem Gewinnstreben eines Unternehmens ableiten lassen, ebenfalls einen großen Einfluss auf die intralogistischen Transportprozesse. Denn aufgrund der steigenden Anforderungen hinsichtlich Flexibilität und Schnelligkeit erhöhen sich die Logistikkosten. Somit muss jedes Unternehmen für sich einen Trade-Off zwischen Serviceziel und Logistikkosten finden (Steven, 2015).

Darüber hinaus bestehen seit einigen Jahren aufgrund von Nachhaltigkeitsinitiativen auch ökologische Ziele. So ist die Energieeffizienz der intralogistischen Transporttechnik in einigen Forschungsarbeiten der jüngeren Vergangenheit ebenfalls ein Thema (Borcherding, Köster, Windmann, Ehlich, Niggemann, 2013).

2.2 ASPEKTE DER DIGITALISIERUNG IN DER INTRALOGISTIK

Hinsichtlich der Digitalisierung in der Intralogistik werden aktuell die Dezentralisierung und Selbststeuerung von Systemen stark diskutiert (Hofmann, Rüsch, 2017; Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser, 2014; Schuldt, 2011; Orthodoxos, Roidl, Günthner, ten Hompel, 2016; Tödter et al., 2015). Bisher werden Steuerungsentscheidungen durch eine zentrale Einheit getroffen, die auf Basis meist veralteter oder unvollständiger Daten den Materialfluss steuert (Miebach, Müller, 2006; Baginski, 2006). Aufgrund der stetig zunehmenden Datenmenge sowie der bereits in der Einleitung beschriebenen Verflechtungen zwischen Unternehmensbereichen, steigt die Komplexität solcher zentralen Entscheidungsprozesse stark an und eine zentrale Entscheidungsfindung gerät an ihre Grenzen. Aus diesem Grund fokussieren sich die Entwicklungen in der Intralogistik auf die Dezentralisierung von Entscheidungen. Dabei sollen die dezentralen logistischen Komponenten (Transporttechnik und Transporteinheit) auf Basis umfassender Informationen aus ihrem Umfeld notwendige Entscheidungen selbst treffen und den optimalen Weg zu ihrem Ziel eigenständig definieren (Harjes, Scholz-Reiter, 2014; Schuldt, 2011). Grundlage hierfür ist die Trennung zwischen Geschäftslogik *Was muss getan werden?* und Materialflusssteuerung *Wie wird es getan?* (Günthner, Tenerowicz, 2011). Für die zu treffenden Entscheidungen sind zahlreiche Informationen in entsprechender digitaler Form notwendig, um eine optimale Steuerung zu gewährleisten. Die Herausforderung ist dabei, eindeutige Informationsstrukturen zu schaffen, welche eine bedarfsorientierte Steuerung der Prozesse ermöglicht (Schlick, Loskyll, Lappe, 2014).

Grundlage hierfür ist die Integration der bestehenden Prozesselemente in die digitale Welt. Dies ist durch die Einbettung von mikroelektronischen Komponenten möglich. Eine solche Einbettung eines vormals ausschließlich analogen Elements macht dies zu einem Cyber-Physischen System (CPS). CPS bilden die Grundlage zur Erfassung, Verarbeitung und Kommunikation von Daten direkt in den tatsächlichen Prozessschritten (Geisberger, Broy, 2012). Basierend auf der in einem CPS eingesetzten Technologien erfüllen diese eine Reihe von Funktionen, die in Tabelle 1 dargestellt sind:

Funktion	Beschreibung
Integration	CPS integrieren die physische und die virtuelle Welt sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch unternehmensübergreifend. Basis ist hier die eindeutige und automatische Identifikation des Objekts.
Sensorik	CPS sind in der Lage, die Realität mit Hilfe von Sensoren für Temperatur, Druck, Ort etc. zu erfassen und legen damit die Basis für ein umfassendes Monitoring physischer Prozesse.
Daten- und Informationsverarbeitung	CPS verfügen über die technischen Voraussetzungen, Daten und Informationen zu verarbeiten. Mikrocontroller oder Mikroprozessoren sind ein essenzieller Bestandteil eines Cyber-Physischen Systems.
Steuerung und Kontrolle	CPS verfügen über eine gewisse Intelligenz und können auf dieser Basis autonom und ohne zentrale Instanzen zum Beispiel aufgrund eines definierten Regelwerks Entscheidungen treffen und so physische Prozesse kontrollieren.
Vernetzung	CPS verfügen über die technischen Möglichkeiten, mit anderen Cyber-Physischen Systemen, mit in den Unternehmen und Wertschöpfungsketten bereits vorhandenen IT- Systemen und mit dem Menschen zu kommunizieren.
Aktuatorik	CPS können auch über Aktuatoren verfügen und Prozesse aktiv und physisch beeinflussen. Im Zusammenhang mit Robotik-Anwendungen ist diese Fähigkeit von besonderer Bedeutung.
Anpassungsfähigkeit	CPS können das eigene Verhalten in Abhängigkeit vom jeweiligen Kontext auf Basis von gelerntem Wissen anpassen und die eigenen Fähigkeiten weiterentwickeln.

Tabelle 1: Funktionen Cyber-Physischer Systeme
Quelle: Pflaum, Hohmann, Hofmann, Boppert, Klötzer, 2014, S.14

Je nach Ausprägung eines Cyber-Physischen Systems ist das Monitoring, die Analyse und/oder die Steuerung von Prozessen möglich (Prasse, Nettstraeter, ten Hompel, 2014; Bauernhansl et al., 2014; Freitag et al., 2015; Gölzer, 2017). Im Zuge der Digitalisierung werden in den Unternehmen immer mehr CPS entstehen, die Daten austauschen und miteinander interagieren. Die hierdurch entstehende Vernetzung intelligenter Objekte wird auch als Internet der Dinge (IdD) bezeichnet (Fleisch, 2010). Neben dem Informationsaustausch zwischen bestehenden Elementen ist auch die leichte Integration von neuen CPS besonders wichtig. Ein solches Netzwerk ist somit skalierbar und an die zukünftigen Her-

ausforderungen anpassbar (Günthner, Chisu, Kuzmany, 2010). Dabei ist besonders hervorzuheben, dass in diesem Netzwerk keineswegs nur Maschinen miteinander interagieren. Über Mensch-Maschine Schnittstellen sind ebenfalls auch Menschen in diesem Netzwerk beteiligt (Brettel, 2014). Dies ist bedeutend, da Menschen auch in der Zukunft eine wichtige Rolle in der Intralogistik spielen werden. Die Digitalisierung bedeutet dabei nicht zwangsläufig ein Entweder Mensch oder Maschine, sondern zumeist liegt der Fokus darauf, den Menschen durch entsprechenden Assistenzsysteme bei seinen Tätigkeiten zu entlasten und zu unterstützen. Gerade im Hinblick auf die zunehmende Datenvielfalt ist die Aufbereitung von vorhandenen Informationen durch Assistenzsysteme als Entscheidungsunterstützung für den Menschen essentiell (Spath, 2013). Der Mensch ist somit ebenfalls Teil des Internets der Dinge und wird durch entsprechenden Mensch-Maschine Interfaces und Assistenzsysteme in die digitale Welt integriert.

3 PROZESSKETTENELEMENTE INTRALOGISTISCHERTRANSPORTPROZESSE MIT FLURFÖRDERZEUGEN

Eine strukturierte Aufnahme des aktuellen Status quo der intralogistischen Transportprozesse mit Flurförderzeugen bedarf der Verwendung eines etablierten Frameworks. Zur Strukturierung der Prozessdarstellung wurden im Rahmen dieser Studie mehrere Prozessmodellframeworks auf ihre Eignung zur detaillierten Beschreibung von Prozesselementen hin geprüft (Schneider, Hohenstein, Günthner, 2011; Fürstenberg, Tentrop, 2008; Kuhn 1995). Aufgrund seiner detaillierten Vorgaben zur Beschreibung von Prozesselementen und dem Fokus auf Produktions- und Logistikprozesse wurde das Prozesskettenmodell von Kuhn als grundlegende Strukturierung ausgewählt (Kuhn, 1995).

In diesem Kapitel wird zunächst das für die Darstellung verwendete Prozesskettenmodell von Kuhn (1995) vorgestellt. Anschließend werden auf Basis der aus den Experteninterviews gewonnen Inhalte die Prozesskettenelemente formuliert.

3.1 PROZESSKETTENMODELL VON KUHN

Grundlage für das Prozesskettenmodell von Kuhn (1995) bildet die Wertkette von Porter (1986). Das Prozesskettenmodell wurde insbesondere entwickelt, um alle Aktivitäten und Zusammenhänge im Bereich der Produktion und Logistik prozessorientiert darzustellen. (Jungmann, Uygun, 2010). Ziel der Modellierung ist dabei die Darstellung der Kunden-Lieferantenbeziehung. Eine Prozesskette besteht dabei aus mehreren Prozesskettenelementen (PKE), die wiederum aus Prozesskettenelementen bestehen können. So lassen sich Hierarchien in der Prozesslandschaft eines Unternehmens mit Hilfe dieses Modells gut abbilden und strukturieren. (Kuhn, 2008).

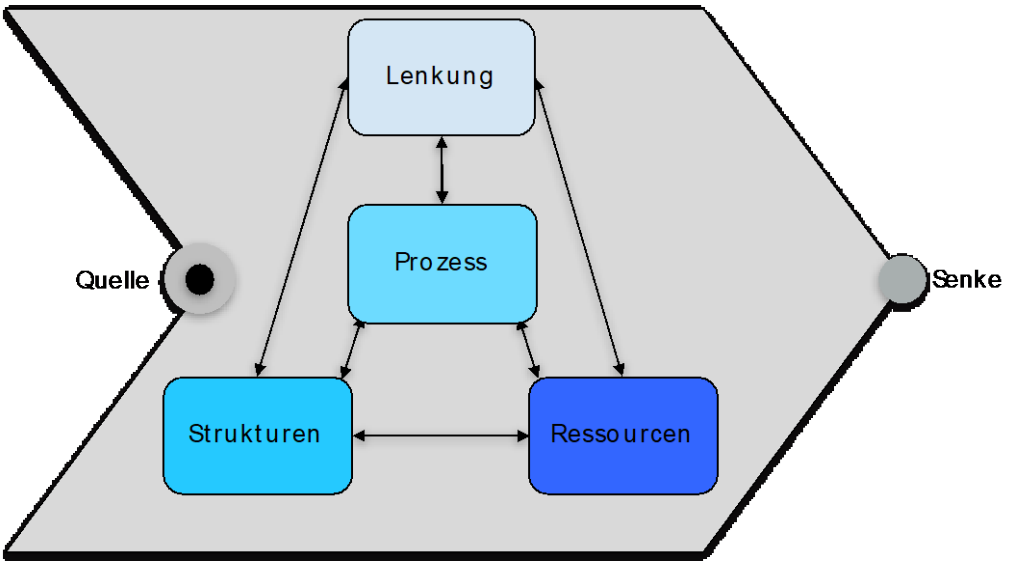


Abbildung 3: Prozesskettenelement und seine Grundparameter
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kuhn, Winz, 1996, S.131

Ein Prozesskettenelement besteht dabei aus den in Abbildung 3 dargestellten Grundparametern. Am Rande des Elements sind die Quelle als Eingangsgröße und die Senke als

Ausgangsgröße relevant für den Prozessschritt. Innerhalb des Prozesskettenelements befinden sich vier weitere Parameter. Die Beschreibung des Übergangs vom Input zum Output wird durch den Prozess-Parameter dargestellt. Daneben beschreibt der Struktur-Parameter wie bspw. die Ablauf- und Aufbaustruktur definiert ist. Der Lenkungs-Parameter umfasst die Regel- und Steuerungsvorschriften des Elements. Dabei sind mehrere Ebenen aufgrund ihres Inhaltscharakters zu unterscheiden. Grundlegende Ziele und Werte werden in der normativen Ebene definiert. Darunter werden in der administrativen Ebene die Ablaufregeln festgelegt. In der dispositiven Ebene erfolgt eine Optimierung der Abläufe und Ressourcensteuerung. Die Netzwerkebene betrachtet dabei nur die Zusammenhänge eines Einzelauftrages. Auf der untersten Ebene befindet sich die Prozessebene, welche die Durchführung eines Ablaufplans steuert.

Des Weiteren beschreibt der Ressourcen-Parameter alle benötigten Komponenten, die für die Durchführung des Prozesses nötig sind. Alle vier Parameter haben dabei direkten Einfluss aufeinander. (Beckmann, Schmitz, 2008; Winz, Quint, 1997)

Die vier Parameter weisen darüber hinaus noch weitere Detaillierungsaspekte auf, welche hier allerdings nicht näher erläutert werden.

3.2 DARSTELLUNG DER ELEMENTE AUS DER EXPETRENBEFRAGUNG

Auf Basis der aus den Interviews gewonnen Inhalte wurden die in Abbildung 4 formulierten Prozesskettenelemente abgeleitet.

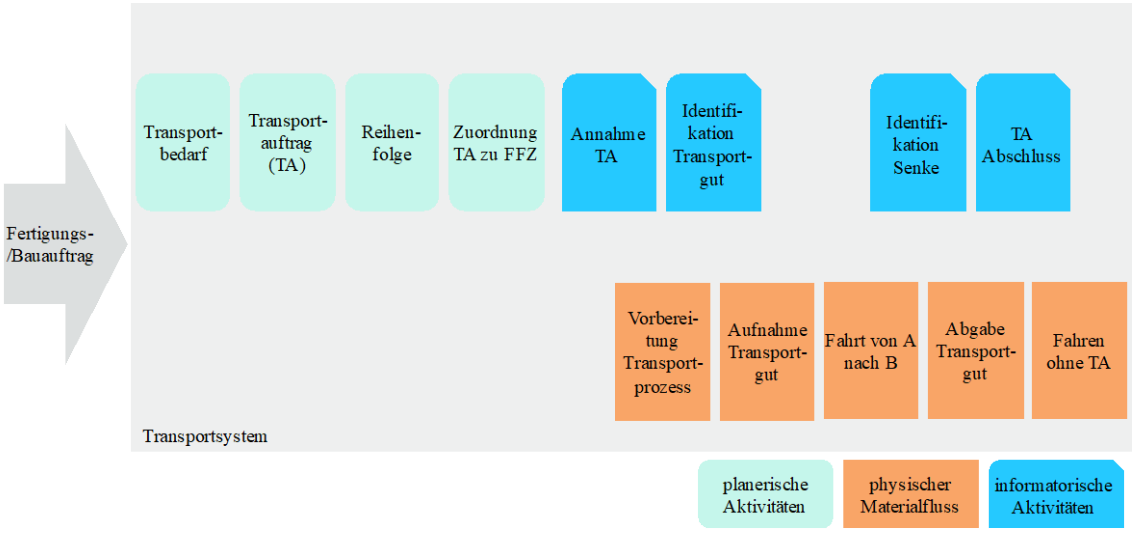


Abbildung 4: Zusammenfassung der aus den Experteninterviews formulierten Prozesskettenelementen
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Die dargestellten Elemente sind die Zusammenfassung aller Interviewergebnisse und nicht jedes Element ist dabei bei jedem der befragten Unternehmen vorgekommen.

Die abgebildeten Prozesskettenelemente lassen sich aufgrund ihres Prozessinhalts in die drei Kategorien *planerische Aktivitäten*, *physischer Materialfluss* und *informatorische Aktivitäten* einordnen. So charakterisieren die Elemente *Transportbedarf*, *Reihenfolge*, *Transportauftrag (TA), Zuordnung TA zu FFZ* hauptsächlich planerische Aktivitäten, da hier die in das Transportsystem eingehenden Informationen aus vorgelagerten Prozessschritten sowie dem Transportsystem selbst, verarbeitet werden und der Transportablauf

geplant wird. Daneben lassen sich die Elemente *Vorbereitung Transportprozess*, *Aufnahme Transportgut*, *Fahrt von A nach B*, *Abgabe Transportgut* sowie *Fahren ohne TA* dem physischen Materialfluss zuordnen, da hier der tatsächliche Materialtransport stattfindet. Als dritte Kategorie können die Elemente *Annahme TA, Identifikation Transportgut, Identifikation Senke* und *Abschluss TA* als informatorische Aktivitäten gesehen werden. Im Folgenden wird nun auf die einzelnen Elemente und deren Ausprägung eingegangen.

Transportbedarf

Quelle: Die planerischen Aktivitäten beginnen mit der Übermittlung des Fertigungs-(FA) oder Bauauftrags (BA) bzw. der Materialanforderung (MA) aus dem ERP-System der Unternehmen. Dieser enthält alle fertigungsrelevanten Informationen wie Stücklisten, Mengen, Bedarfszeitpunkte und –orte und bildet somit die Grundlage für die Planung des Transportbedarfs.

Prozess:

1. Der FA/BA/MA wird in den befragten Unternehmen über das ERP-System an die logistische Planung digital übermittelt.
2. Über die Stücklistenauflösung werden die Details der Materialbereitstellung teilweise über ein an das ERP-System angeschlossene Softwaretool sowie teilweise manuell ermittelt.
3. Aus der Auflösung der entsprechenden Fertigungsdokumente wird der Transportbedarf abgeleitet. Hierzu werden neben den ERP-Daten weitere Informationen (siehe Ressourcen) hinzugezogen.

Ressourcen: Die FA/BA/MA liefern die Stücklistenauflösung, Mengen, Bedarfsorte, Bedarfszeitpunkte und die Art der Materialbereitstellung. Zudem müssen die logistischen Transportbedarfe der Stücklistenpositionen eingeholt werden. Zur Ableitung der konkreten/rechnerischen Transportbedarfe ist anschließend das Erfahrungswissen der Mitarbeiter bzw. ein IT-System notwendig.

Struktur: Ein Großteil der Inhalte wird über das ERP-System der befragten Unternehmen bereitgestellt. Dennoch müssen sich die Mitarbeiter weitere Informationen aus anderen Quellen (Erfahrungswissen, andere IT-Systeme oder analoge Dokumente) beschaffen, um die Transportbedarf zu ermitteln. Hierbei sind bereits zahlreiche Medienbrüche und Kompatibilitätsprobleme erkennbar. Kein durchgehender Informationsfluss.

Lenkung: In der administrativen Ebene werden grundlegende Regeln (z.B. FIFO) über die Erstellung von Transportbedarfen für diesen Prozessschritt bereitgestellt. Aus der Netzwerkeben werden die Fertigungsaufträge aus dem ERP-System digital in das Transportsystem übermittelt. In der Prozessebene werden diese Informationen mit weiteren verfügbaren Informationen genutzt, um die Transportbedarfe abzuleiten.

Output: Ergebnis dieses Prozesselements sind die aus dem Input und den Ressourcen abgeleiteten Transportbedarfe.

Besonderheiten:

- Zahlreiche Medienbrüche zwischen IT-Systemen sowie digitalen und analogen Informationen
- Unklare Informationsstrukturen und starker Fokus auf Mitarbeitererfahrung
- Teilweise Assistenzsysteme (Softwaretools) in den Unternehmen vorhanden, teilweise manuelle Ableitung der Transportbedarfe

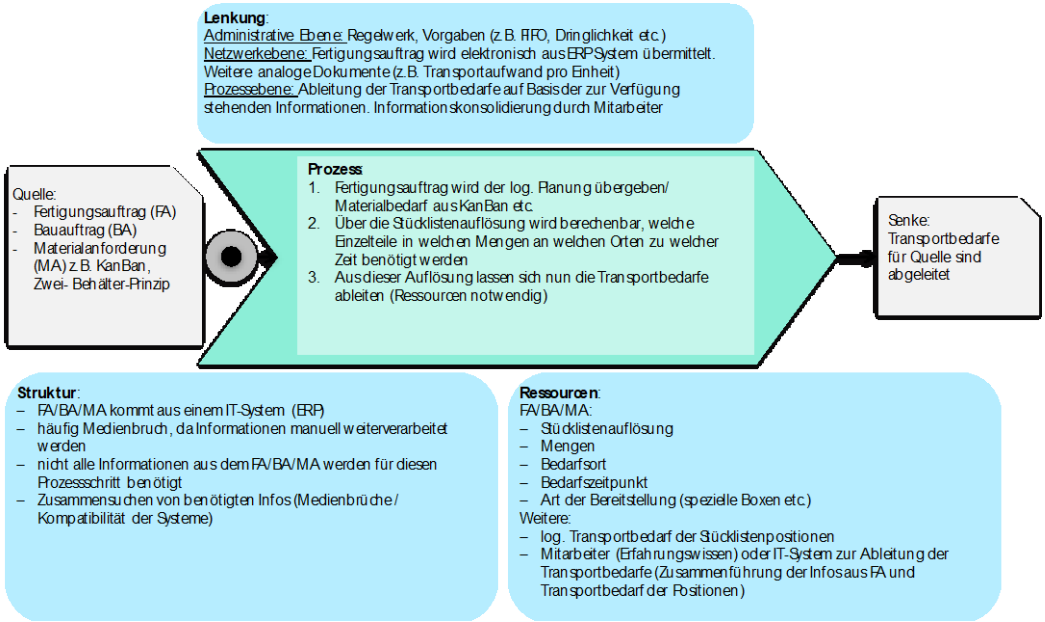


Abbildung 5: PKE „Ableitung von Transportbedarfen“
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Transportauftrag

Quelle: Zur Erstellung von konkreten Transportaufträgen sind die in PKE „Ableitung von Transportbedarfen“ ermittelten Transportbedarfe relevant.

Prozess:

1. Transportbedarfe stehen aus dem PKE 1 zur Verfügung.
2. Ähnliche Transportbedarfe werden auf Basis von unternehmensspezifischen Regeln zu Transportaufträgen zusammengefasst.

   Transportauftrag = n Transportbedarfe

Ressourcen: Grundlegende Informationen sind die in PKE 1 abgeleiteten Inhalte der Transportbedarfe (Bedarfszeitpunkt, Bereitstellungszeit, Bedarfsort, Menge, Materialart). Zudem ist das Mitarbeiterwissen über die Eigenschaften der vorhandenen FFZ, die für den Transport benötigten Hilfsmittel sowie die internen Regeln für die Transportauftragsgestaltung notwendig.

Struktur: Die Transportbedarfe werden meist elektronisch übermittelt, wobei die anschließende Weiterverarbeitung unter Einbezug des Erfahrungswissens der Mitarbeiter

geschieht. Da dieser Prozess zumeist nicht dokumentiert wird, sind retrograde Optimierungen hier in den Unternehmen nur schwer möglich. In diesem Prozesselement besteht ebenfalls kein durchgehender bzw. definierter Informationsfluss.

Lenkung: Die Transportauftragserstellung wird durch Inhalte aus der administrativen, Netzwerk- sowie Prozessebene beeinflusst. Aus der administrativen Ebene werden dabei grundlegende Regeln zur Erstellung eines Transportauftrags und zur Berücksichtigung der relevanten Informationen bereitgestellt. Aus der Netzwerkeben werden den Mitarbeiter der Intralogistikplanung Informationen per Zuruf (z.B. über Maschinenausfall bzw. FFZ Ausfall) mitgeteilt. In der Prozessebene erfolgt die Konsolidierung der Transportbedarfe unter Berücksichtigung der vorhandenen Informationen (über FFZ-Funktionen, Restriktionen (z.B. Gefahrgut)).

Output: Aus den Transportbedarfen sind konkrete Transportaufträge mit allen notwendigen Details erstellt worden.

Besonderheiten:

- Vier Unternehmen Konsolidieren keine Transportbedarfe (sondern Transportbedarf = Transportauftrag)
- Transportauftragsbildung sehr stark durch Erfahrungswissen der Mitarbeiter geprägt

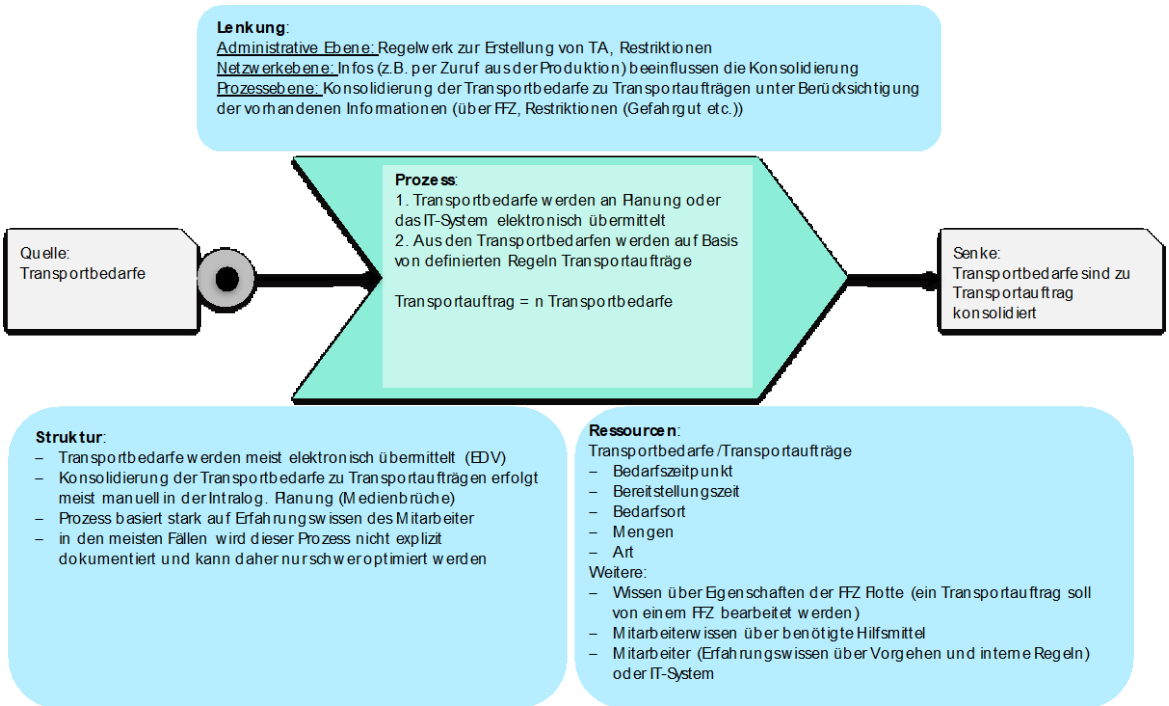


Abbildung 6: PKE „Ableitung Transportauftrag"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Reihenfolgebildung

Quelle: Der Input für die Reihenfolgebildung können sowohl Transportbedarfe wie auch Transportaufträge sein. Dies unterscheidet sich nach den Anforderungen der Unternehmen und hängt bspw. mit der Art der Belieferungsstrategie (Just in Sequence etc.) zusammen.

Prozess:

1. Die Transportbedarfe/ Transportaufträge für die entsprechenden Fertigungsaufträge stehen fest.
2. Auf Basis der Bedarfszeitpunkte sowie unter Berücksichtigung weiterer Informationen (siehe Ressourcen) wird manuell eine Reihenfolge durch einen Mitarbeiter gebildet.
3. Die tatsächliche Reihenfolge wird final durch die Freigabe der entsprechenden Transportaufträge fixiert.

Ressourcen: Die Inhalte der Transportbedarfe/Transportaufträge wie der Bedarfszeitpunkt, die Bereitstellungszeit, der Bedarfsort sowie Art und Menge der zu transportierenden Einheiten werden benötigt. Zudem sind in den bestehenden Unternehmen Regeln zur Priorisierung von Transportaufträgen vorhanden. Des Weiteren ist für die optimale Reihenfolgebildung das Wissen des entsprechenden Mitarbeiters notwendig.

Struktur: Die Transportbedarfe und –aufträge werden zumeist elektronisch übermittelt. Die Reihenfolgebildung erfolgt dabei aber in allen Unternehmen manuell durch den Mitarbeiter. Dieser gibt die Aufträge seiner definierten Reihenfolge frei und legt damit die Abarbeitung fest.

Lenkung: Die Reihenfolgebildung wird durch Informationen aus der administrativen, Netzwerk- sowie Prozessebene beeinflusst. Auf der administrativen Ebene werden durch die intern definierten Abarbeitungsregeln sowie durch die im Unternehmen umgesetzte Belieferungsstrategien die Reihenfolgebildung beeinflusst. Auf der Netzwerkebene werden Informationen aus dem Prozessumfeld (z.B. Zuruf operativer Mitarbeiter über Materialengpass) eingebracht. In der Prozessebene wird die Reihenfolge auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen und der definierten Regeln durch den Mitarbeiter festgelegt.

Output: Ergebnis dieses Prozessschritts ist eine freigegebene Abarbeitungsreihenfolge der Transportaufträge.

Besonderheiten:

- Prozess der Reihenfolgebildung häufig unklar (nach welchen Regeln genau)
- Informationsbasis nicht transparent
- „Wir wollen immer nochmal einen Menschen draufschauen lassen, der die Reihenfolge dann auf Basis seines Erfahrungswissens freigibt“

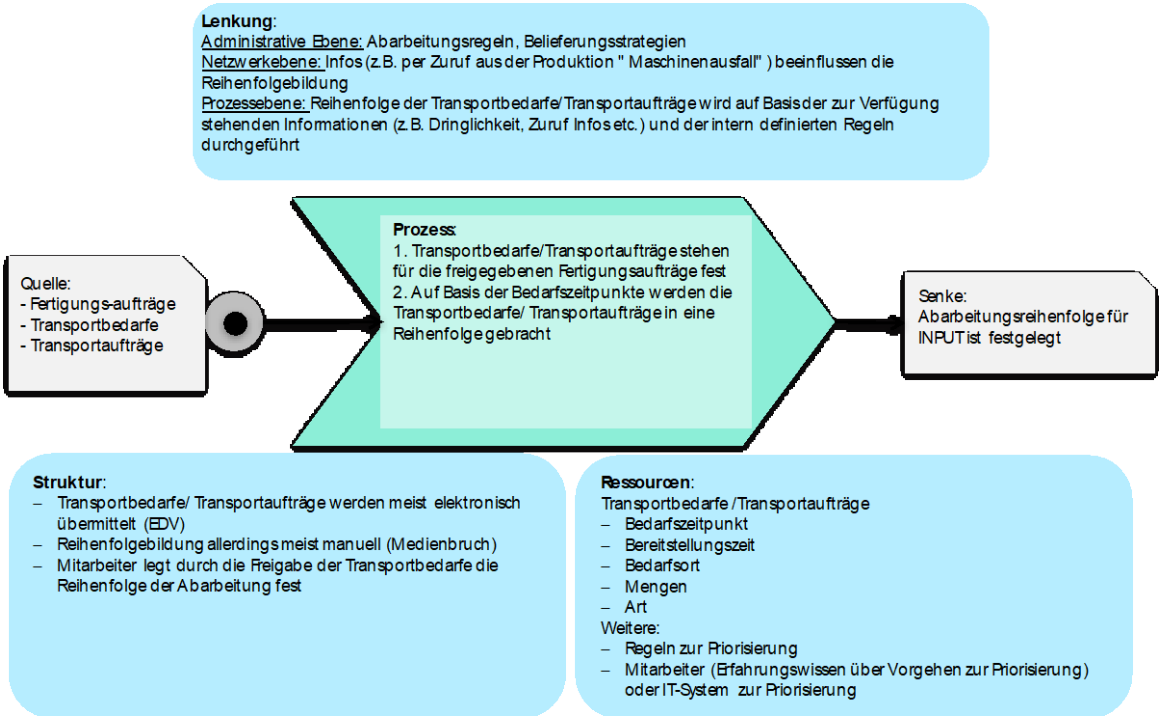


Abbildung 7: PKE „Reihenfolgebildung"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Zuordnung Transportauftrag zu Flurförderzeug

Quelle: Die bereits definierten Transportaufträge sind in der festgelegten Reihenfolge freigegeben und bereit für die Abarbeitung.

Prozess:

1. Die Transportaufträge stehen in der definierten Reihenfolge mit den relevanten Informationen zur Verfügung
2. Auf Basis der aktuellen FFZ-Status (z.B. Aufenthaltsort, Auftragsbearbeitung etc.) sowie deren Eigenschaften werden die Transportaufträge explizit einzelnen FFZ zugeordnet.
3. Der entsprechende Transportauftrag wird an das FFZ übermittelt/übergeben (entweder digital auf das Handheld des FFZ-Fahrers oder analog durch Übergabe des Transportauftragszettels)

Ressourcen: Benötigt werden für die Zuordnung die Inhalte des Transportauftrags (Bedarfszeitpunkt, Bereitstellungszeit, Bedarfsort, Mengen, Art) sowie Informationen über die Eigenschaften sowie Einsatzbereiche der FFZ und deren Verfügbarkeiten. Darüber hinaus ist ein Kommunikationsmedium (digital oder analog) zur Übermittlung des Transportauftrags an den FFZ-Fahrer notwendig. Die Umsetzung dieses PKE erfolgt dabei ebenfalls wieder durch einen Mitarbeiter bzw. ein IT-System.

Struktur: Die Zuordnung der Transportaufträge erfolgt im Spannungsfeld unterschiedlicher digitaler und analoger Informationen. Zum einen liegen die Transportaufträge zumeist in digitaler Form vor, wohingegen die Reihenfolge häufig in anderen Systemen durchgeführt wird. Zum anderen liegen die Statusinformationen sowie die Eigenschaften

der FFZ häufig nur analog vor. Es muss durch den Mitarbeiter somit eine Informationskonsolidierung aus unterschiedlichen digitalen und analogen Quellen erfolgen.

Lenkung: Dieser Prozessschritt wird beeinflusst durch Inhalte aus der administrativen, Netzwerk- und Prozessebene. Auf der administrativen Ebene erfolgt eine Beeinflussung der Prozessgestaltung durch die im Unternehmen definierten Einsatzgebiete für FFZ. Aus der Netzwerkebene werden die aktuellen Status der FFZ kommuniziert, welche bei der Zuordnung ebenfalls eine wichtige Einflussgröße darstellen. Auf der Prozessebene erfolgt schließlich die konkrete Zuordnung der TA zu den FFZ. Hier steuert der entsprechende Mitarbeiter durch seine Entscheidung maßgeblich das PKE.

Output: Die vorhandenen Transportaufträge sind auf Basis der Reihenfolge den entsprechenden FFZ zugeordnet.

Besonderheiten:

- Dieser Prozessschritt ist bei lediglich einem der befragten Unternehmen vorhanden
- Mensch sorgt für die Konsolidierung der Informationen aus heterogenen Quellen

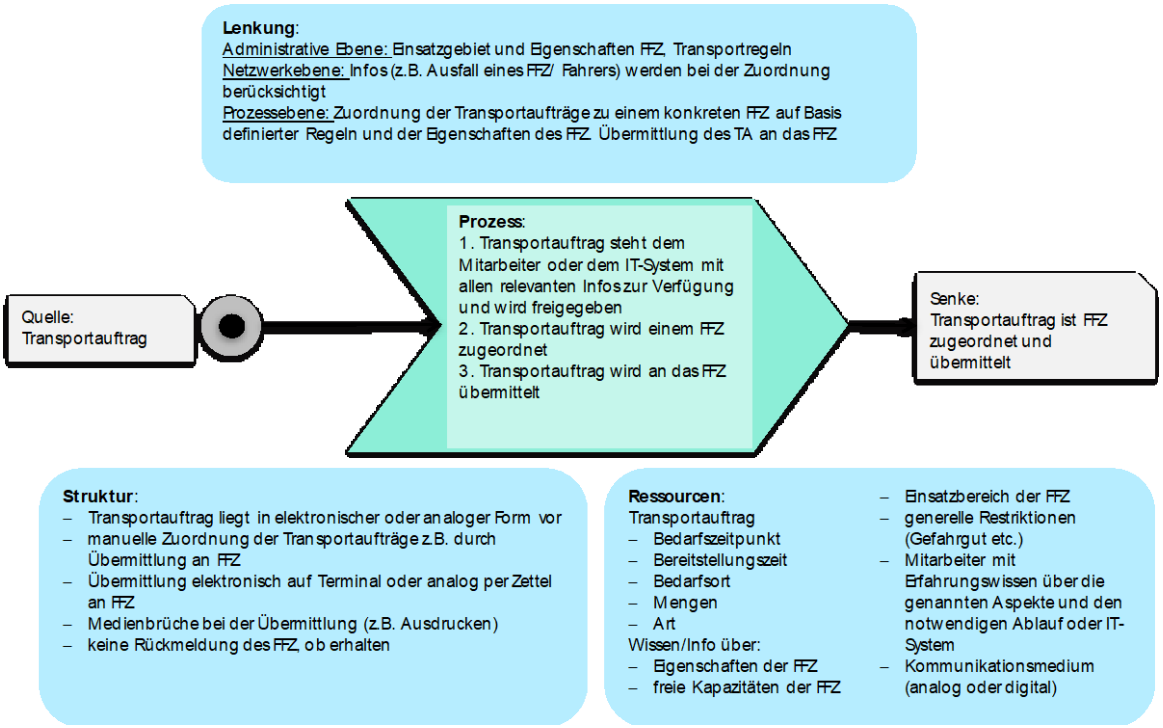


Abbildung 8: PKE „Zuordnung Transportauftrag zu FFZ"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Annahme des Transportauftrags

Quelle: Der konkrete Transportauftrag mit den relevanten Informationen steht dem FFZ-Fahrer zur Verfügung (digital oder analog)

Prozess:

1. Transportauftrag wurde dem FFZ übermittelt
2. FFZ hat den Auftrag erhalten (digital oder analog)

3. FFZ-Fahrer bestätigt Annahme (digital auf Handheld oder analog durch Beginn mit Bearbeitung)

Ressourcen: Grundlegende Ressourcen in diesem Prozessschritt sind der FFZ-Fahrer sowie das FFZ selbst (Stapler, Routenzug). Zudem werden die Inhalte des Transportauftrags (Positionen des TA, Mengen, Lagerplatz der Positionen, Zielort, sonstige Infos (Gefahrgut etc.)) benötigt. Darüber hinaus muss der FFZ-Fahrer folgendes selbst wissen: Weg zur Quelle, Bedienung des FFZ, Notwendige Vorbereitungen zum Transport (z.B. benötigte Hilfsmittel).

Struktur: Der Transportauftrag wird analog in Form eines Zettels oder digital direkt auf das Handheld des FFZ-Fahrers übermittelt.

Lenkung: Hier erflogt ein Einfluss lediglich aus der Netzwerk- sowie Prozessebene. Aus der Netzwerkebene erfolgt dabei die Übermittlung des Transportauftrages mit den jeweils relevanten Inhalten. Auf der Prozessebene entscheidet der Mitarbeiter auf dieser Grundlage und seines Erfahrungswissens über die Eigenschaften des FFZ, ob er den Auftrag annimmt. Die maßgebliche Lenkung des Prozesselements erfolgt daher auf der Prozessebene.

Output: Das FFZ hat den Transportauftrag angenommen und ist bereit diesen zu bearbeiten.

Besonderheiten:

- Element in dieser Form hauptsächlich bei Unternehmen mit digitaler TA Übermittlung
- Häufig kein expliziter Schritt in den betrachteten Transportprozessen (meist ist der Start der Bearbeitung gleich der Annahme des TA)

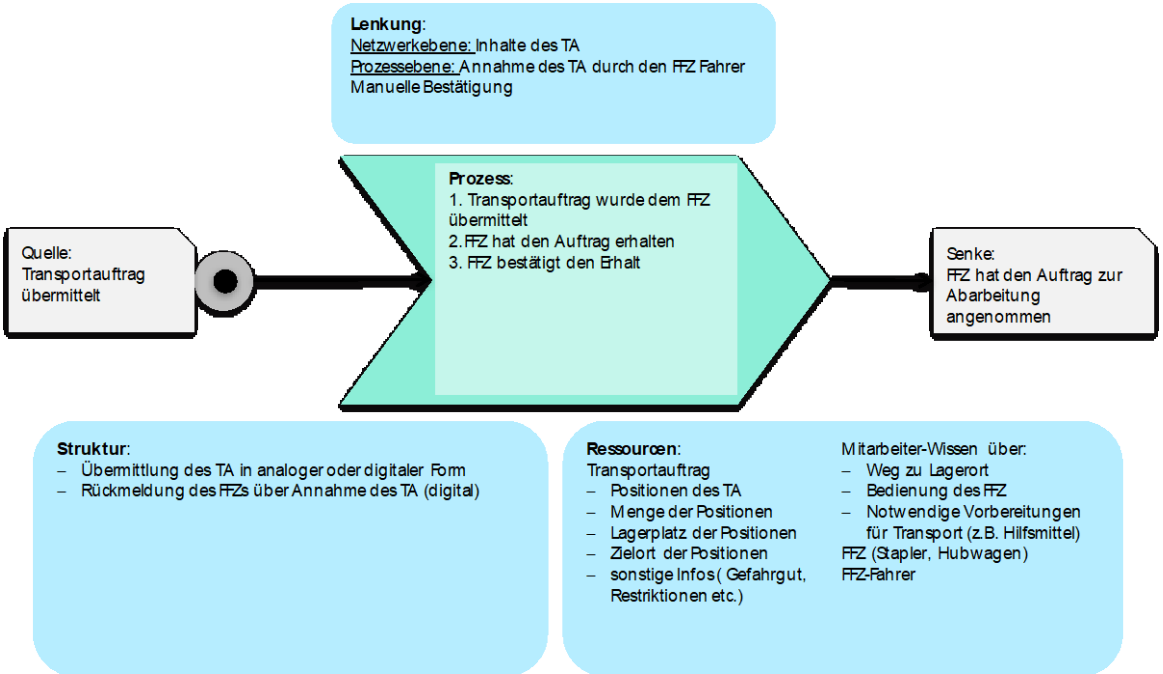


Abbildung 9: PKE „Annahme des Transportauftrags"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Vorbereitung der Warenaufnahme

Quelle: Die Transportaufträge mit den relevanten Inhalten sind an das FFZ übermittelt.

Prozess:

1. Transportauftrag wurde an das FFZ übermittelt
2. FFZ-Fahrer wählt die benötigten Transporthilfsmittel aus
3. FFZ-Fahrer holt die benötigten Transporthilfsmittel
4. FFZ fährt zur Quelle des Transportauftrags

Ressourcen: Grundlegend für diesen Prozessschritt sind das FFZ sowie der FFZ-Fahrer. Dieser benötigt für diesen Schritt die Inhalte des Transportauftrags (Positionen des TA, Menge der Positionen, Lagerplatz der Positionen, Zielorte der Positionen, Transportguteigenschaften (z.B. Gefahrgut etc.). Zudem benötigt er sein Expertenwissen, um die benötigten Hilfsmittel, deren Lagerort, sowie den Weg zur Quelle zu definieren.

Struktur: Der FFZ-Fahrer erhält den TA in digitaler oder analoger Form. Das Layout der entsprechenden Produktions- oder Logistikumgebung bestimmt den operativen Prozessablauf maßgeblich. Unter Umständen bestehen Restriktionen bei der Befahrung von bestimmten Streckenabschnitten oder Bereichen.

Lenkung: Aus der administrativen Ebene erfolgt die Vorgabe von Regeln über die Streckenführung (befahrbare Routen, Sperrungen etc.) sowie die für den Transport benötigten Hilfsmittel. Des Weiteren kommen aus der Netzwerkebene die Inhalte des Transportauftrags. In der Prozessebene entscheidet der FFZ-Fahrer auf Basis seines Expertenwissens sowie den Inhalten aus den anderen Ebene wie der genaue Prozessablauf stattfinden wird.

Output: Dieser Prozessschritt ist mit dem Abschluss der Vorbereitungen für den Transport beendet.

Besonderheiten:

- Prozessgestaltung stark durch den FFZ-Fahrer („Jeder Fahrer macht das ein bisschen anders“)
- Viel Erfahrungswissen notwendig

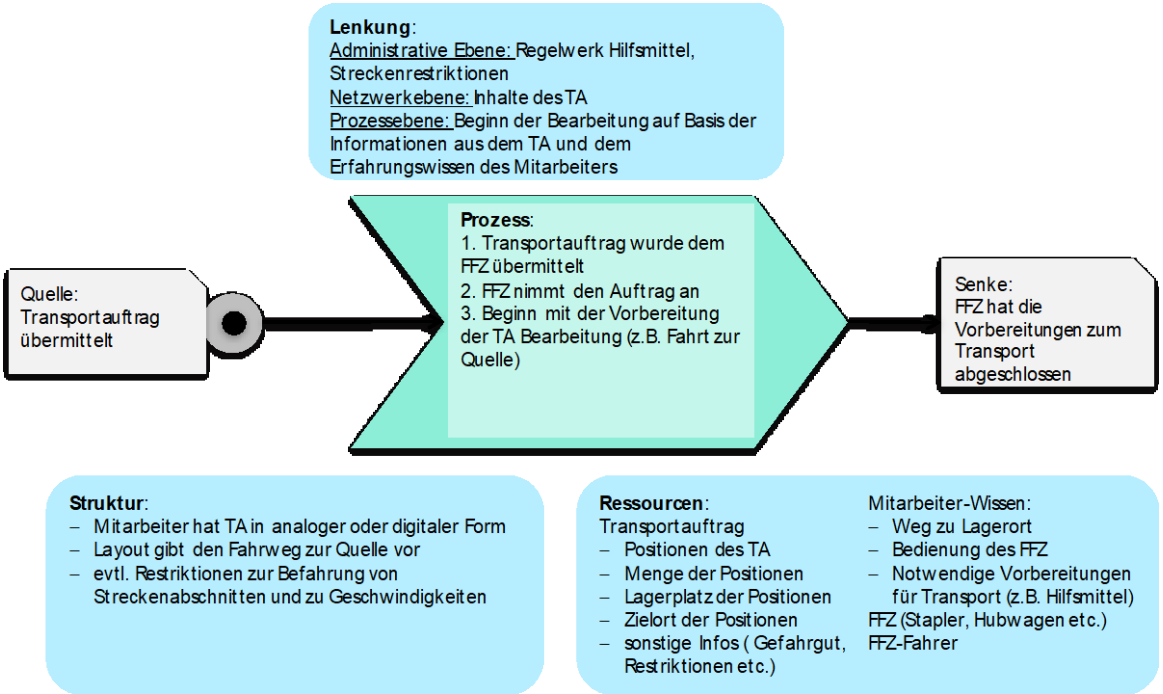


Abbildung 10: PKE „Vorbereitung Warenaufnahme"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Identifikation des Transportguts

Quelle: Grundlegende Inputgröße ist hier ebenfalls wieder der Transportauftrag. Im Besonderen sind die Art des Transportguts sowie die Menge und der Quellplatz relevant.

Prozess:

1. Transportauftrag liegt dem FFZ-Fahrer vor
2. Visueller Vergleich der Transportauftragsinformationen mit der physischen Ware oder scannen des Warenbegleitscheins
3. Bestätigung über die korrekte Identifizierung der Transporteinheit und deren Quantität

Ressourcen: Aus dem Transportauftrag werden die Art, Mengen sowie der Quellplatz der Transporteinheit benötigt. Zudem wird das Mitarbeiterwissen über den konkreten Ablauf der Warenidentifikation benötig. Falls die Identifikation digital erfolgt wird zudem ein Handheld mit Scanner Funktion benötigt. Der FFZ-Fahrer muss in diesem Zusammenhang über die notwendigen Grundlagen verfügen dieses Gerät entsprechend bedienen zu können.

Struktur: Der FFZ-Fahrer hat die benötigten Informationen digital über sein Handheld oder analog über einen Transportauftragszettel erhalten. Ein Abgleich der relevanten Informationen erfolgt demzufolge automatisiert über das angebundene IT-System oder manuell durch die Sichtprüfung des Mitarbeiters.

Lenkung: Die administrative Ebene stellt hier die Regeln für den konkreten Ablauf der Identifikation bereit. Die Netzwerkebene stellt dabei die benötigten Informationen zum Abgleich bereit und hieraus erfolgt bei digitaler Verarbeitung auch die Rückmeldung, ob

die richtige Transporteinheit gescannt wurde. Erfolgt eine manuelle Identifikation besteht keine Rückmeldung aus der Netzwerkebene. Der Mitarbeiter lenkt den Prozess selbst.

Output: Die Bestätigung der korrekten Transporteinheit bildet den Abschluss dieses Prozesselements.

Besonderheiten:

- Dieser Schritt erfolgt nicht in allen der befragten Unternehmen
- Häufig ist eine Identifikation der Transporteinheit nicht notwendig, da die Kommissionierung durch ihre Bereitstellung auf einer definierten Fläche die Reihenfolge bestimmt und somit keine „falscher Transport" stattfinden kann.

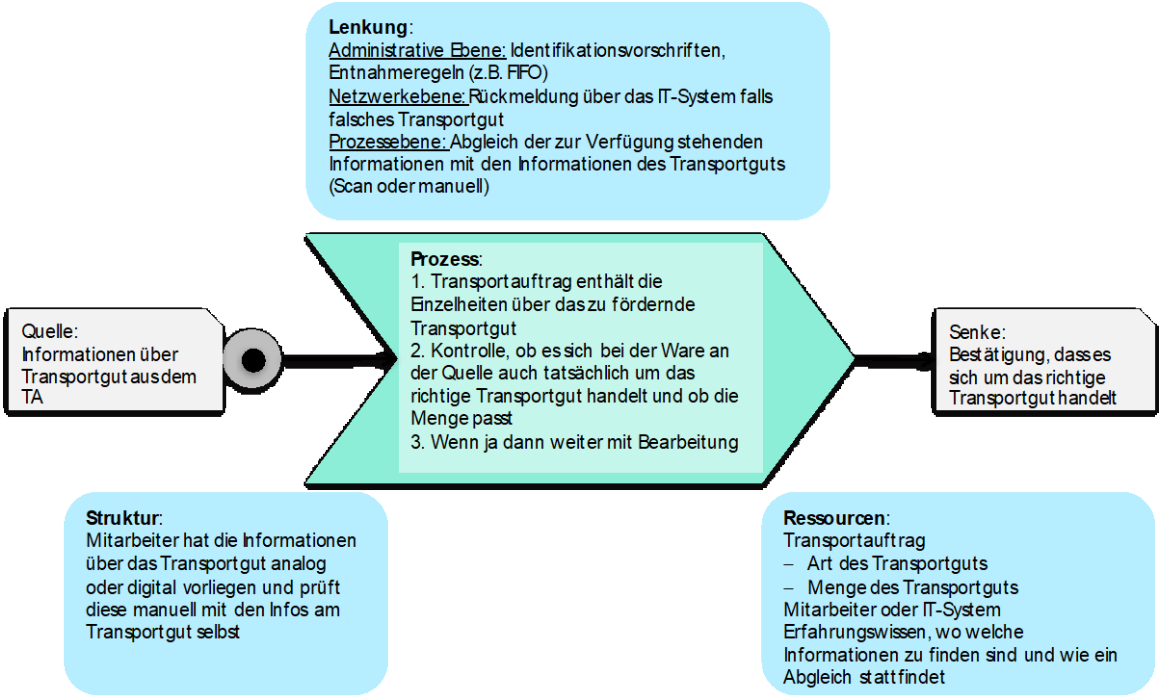


Abbildung 11: PKE „Identifikation des Transportguts"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Aufnahme des Transportguts

Quelle: Das Transportgut befindet sich in einem aufnahmebereiten Zustand und das FFZ ist bereit für die Aufnahme.

Prozess:

1. FFZ-Fahrer richtet das FFZ zur Aufnahme der Transporteinheit aus
2. FFZ nimmt die Transporteinheit auf
3. FFZ-Fahrer führt evtl. weitere Aktivitäten für den Transport durch (z.B. Transportsicherung, Anbringung Transportschutz etc.)

Ressourcen: Grundlegend sind hier das FFZ sowie der FFZ-Fahrer. Dieser muss Expertenwissen über die Bedienung des FFZ haben. Für die Durchführung dieses Prozessschritts werden die Informationen aus dem Transportauftrag benötigt (Art, Mengen, Transportguteigenschaften (z.B. Gefahrgut)). Darüber hinaus ergibt sich aus dem Erfahrungswissen

des FFZ-Fahrers die Notwendigkeit zu Beladungs- sowie Transporthilfsmitteln. Zudem werden Informationen über die im Unternehmen geltenden Regeln zur Aufnahme eines Transportguts benötigt.

Struktur: Der Beladungsprozess wird stark durch das in der Umgebung vorherrschende Layout definiert. Dies beeinflusst die Komplexität und Dauer der Prozessaufnahme stark. Zudem erfolgt evtl. eine Kommunikation mit dem Mitarbeiter an der Quelle.

Lenkung: Aus der administrativen Ebene erfolgen die Vorgaben zur Abwicklung der Aufnahme und Transportsicherung einer Transporteinheit. Die Kommunikation des FFZ-Fahrers mit dem Mitarbeiter an der Senke bedeutet eine Lenkung aus der Netzwerkebene. In der Prozessebene erfolgt dabei aber die stärkste Beeinflussung des Prozessschritts, da der Mitarbeiter den genauen Beladungsprozess selbst definieren kann.

Output: Dieser Prozessschritt ist mit dem fertig beladenen und transportbereiten FFZ abgeschlossen.

Besonderheiten:

- Besonderheiten bei Aufnahme der Transporteinheit weiß FFZ-Fahrer aus seinem Erfahrungswissen.

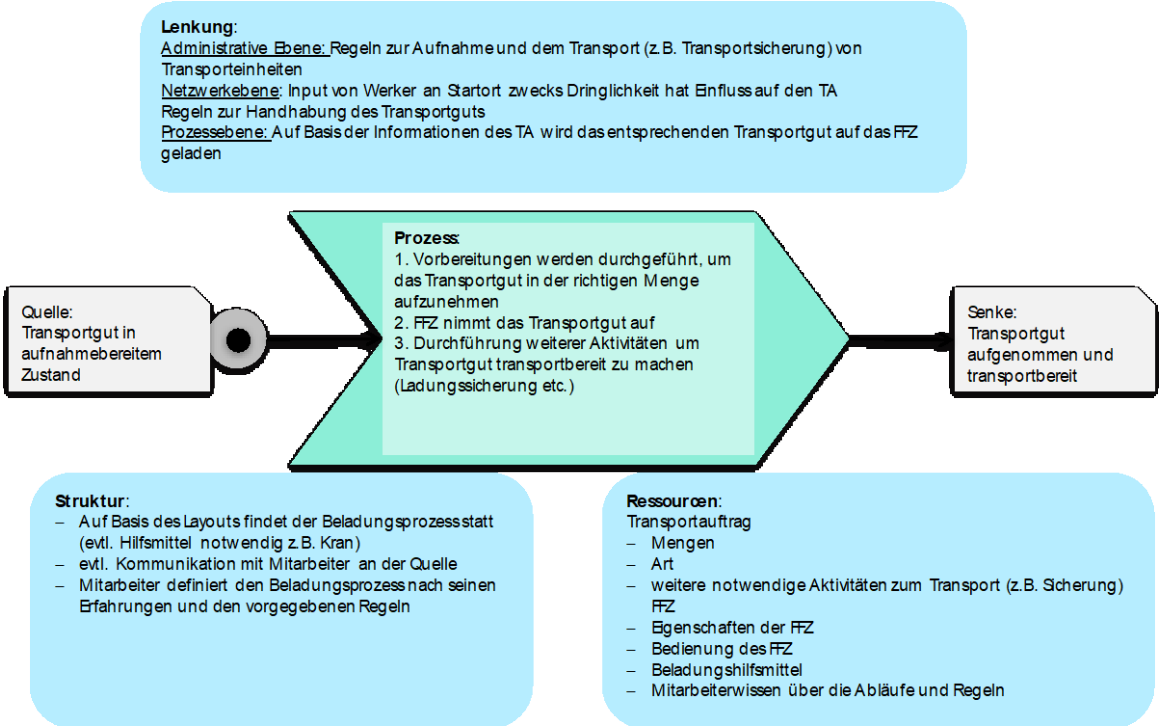


Abbildung 12: PKE „Aufnahme Transportgut"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Fahrt von A nach B

Quelle: FFZ ist beladen und bereit für den Transport der Transporteinheit

Prozess:

1. FFZ-Fahrer definiert auf Basis der Senkeninformationen selbst den Weg zu dieser
2. FFZ fährt los zur Senke
3. FFZ kommt an Senke an

Ressourcen: Hier sind ebenfalls wieder das FFZ sowie deren Fahrer entscheidende Ressourcen. Der Fahrer muss dabei auch Expertenwissen über die Eigenschaften und die Bedienung des FFZ haben. Informatorisch werden zudem Inhalte über den Zielort benötigt. Darüber hinaus sind Informationen über gesperrte oder nicht befahrbare Streckenabschnitte wichtig für die Definition der Route durch den Fahrer. Diese holt sich der FFZ-Fahrer zumeist mündlich bei anderen Mitarbeitern ein.

Struktur: Der FFZ-Fahrer kommuniziert mit anderen Mitarbeitern auf analogem Wege. Die Informationen über die Senke entnimmt der aus dem digitalen/analogen Transportauftrag.

Lenkung: Die administrative Ebene gibt die Regeln und Vorschriften für den Prozessablauf vor. Der Austausch mit den anderen Mitarbeitern lässt sich der Netzwerkebene zuordnen. Auf der Prozessebene definiert der Fahrer die Route selbst.

Output: Der Prozessschritt endet mit der Ankunft des FFZ an der Senke.

Besonderheiten:

- Sehr starke Prozessgestaltung durch den FFZ-Fahrer
- Sehr geringe Informationsbasis
- Hohes Optimierungspotenzial hinsichtlich optimaler Routenführung

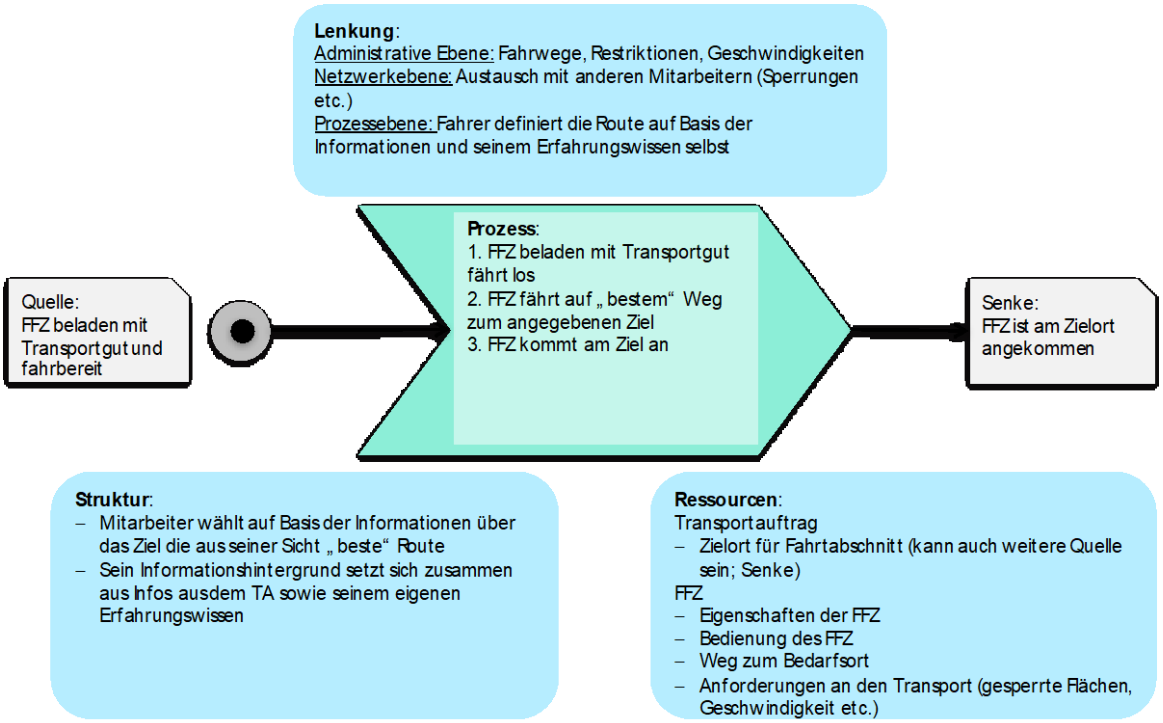


Abbildung 13: PKE „Fahrt von A nach B"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Identifikation der Senke

Quelle: Dieser Prozessschritt beginnt nach der Ankunft des FFZ an der Senke

Prozess:

1. Das FFZ ist an der Senke angekommen
2. Der FFZ-Fahrer scannt den an der Senke befindlichen Bar-/QR-Code oder er vergleicht die abgebildete Senkenmarkierung mit den Informationen auf dem TA visuell
3. Rückmeldung aus dem IT-System an den FFZ-Fahrer über Richtigkeit der Senke

Ressourcen: Neben den Informationen zur Senke wird Erfahrungswissen des Fahrers über den Ablauf des Identifikationsprozesses benötigt. Dieser muss bei manueller Identifikation wissen, welche Werte er abzugleichen hat. Alternativ müssen diese Informationen in einem IT-System bereitstehen und abgeglichen werden. Eventuell werden dem Fahrer an der Senke durch einen Mitarbeiter weitere Informationen mitgeteilt (z.B. veränderter Abladeort etc.)

Struktur: Auf analoger Ebene erfolgt die Identifikation alleine durch den Mitarbeiter. Auf digitaler Ebene findet eine Kommunikation des Handhelds mit dem angeschlossenen IT-System statt.

Lenkung: Die Kommunikation mit dem IT-System findet auf der Netzwerkeben statt. Zudem ist in dieser Ebene auch die Kommunikation mit Mitarbeitern an der Senke einzuordnen. Auf der Prozessebene erfolgt der analoge Abgleich der Informationen.

Output: Der Prozessschritt endet mit der Bestätigung über die richtige Senke

Besonderheiten:

- Findet nicht in allen Unternehmen statt
- Manuelle Identifikation wird nicht dokumentiert → ob dieser Schritt durchgeführt wurde kann daher nicht belegt werden

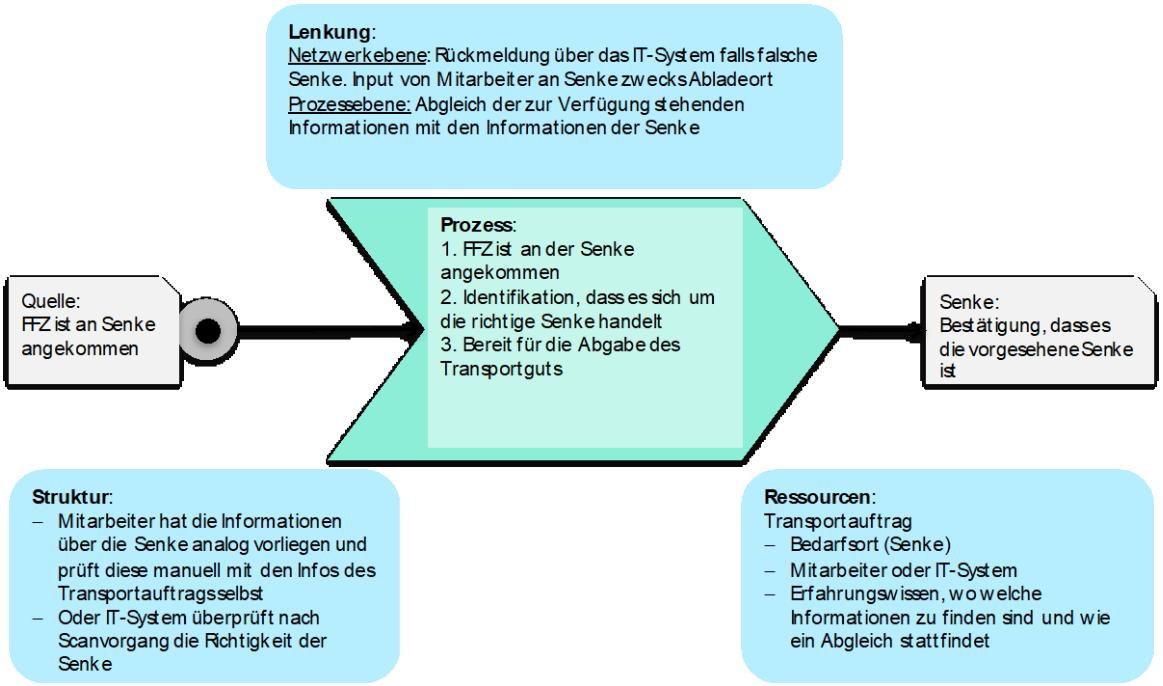


Abbildung 14: PKE „Identifikation Senke"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Abgabe Transporteinheit

Quelle: Das FFZ ist an der Senke angekommen und diese ist identifiziert und bereit/frei für das Abladen der Transporteinheit.

Prozess:

1. Das FFZ wird zur Abgabe des Transportguts positioniert
2. Der FFZ Fahrer lädt die Transporteinheit auf dem definierten Platz ab
3. Das FFZ wird zur Weiterfahrt positioniert
4. Der FFZ-Fahrer entfernt alle benötigten Transporthilfsmittel (z.B. wiederverwendbarer Transportschutz) von der Transporteinheit

Ressourcen: Grundlegende Ressourcen sind in diesem Prozessschritt der FFZ-Fahrer sowie das FFZ selbst. Der Fahrer benötigt zum Abladen zudem Informationen über die für die Abladung geltenden Regeln, über die Eigenschaften und Bedienung des FFZ sowie über generelle Restriktionen. Zudem wird meist auch Erfahrungswissen über alternative Abstellplätze benötigt, wenn bspw. der definierte Platz belegt ist. Zusätzlich können weitere Hilfsmittel beim Abladen benötigt werden (z.B. Kran).

Struktur: Ähnlich wie bei der Aufnahme der Transporteinheit beeinflusst das Layout den Abladeprozess ebenfalls. Eventuell sind Hilfsmittel beim Abladen notwendig (z.B. Kran). Der FFZ-Fahrer definiert die genauen Schritte des Abladeprozesses selbst.

Lenkung: Aus der administrativen Ebene erfolgt die Vorgabe von Regeln und Vorschriften über die Abgabe der Transporteinheit sowie der Positionierung der Transporteinheit auf den zur Verfügung stehenden Flächen. Die direkte Kommunikation des Mitarbeiters an der Senke mit dem FFZ-Fahrer ist als Beeinflussung aus der Netzwerkebene zu verstehen. Auf der Prozessebene definiert der Fahrer den exakten Prozessablauf individuell. Je nach Fahrer ist der Prozess daher auch anders.

Output: Dieser Prozessschritt ist beendet, wenn die Transporteinheit auf der definierten Abladefläche abgestellt ist und das FFZ wieder zur Weiterfahrt bereit ist.

Besonderheiten:

- Häufig kein IT-System beteiligt
- Zuruf definiert für den Fahrer die Abstellfläche

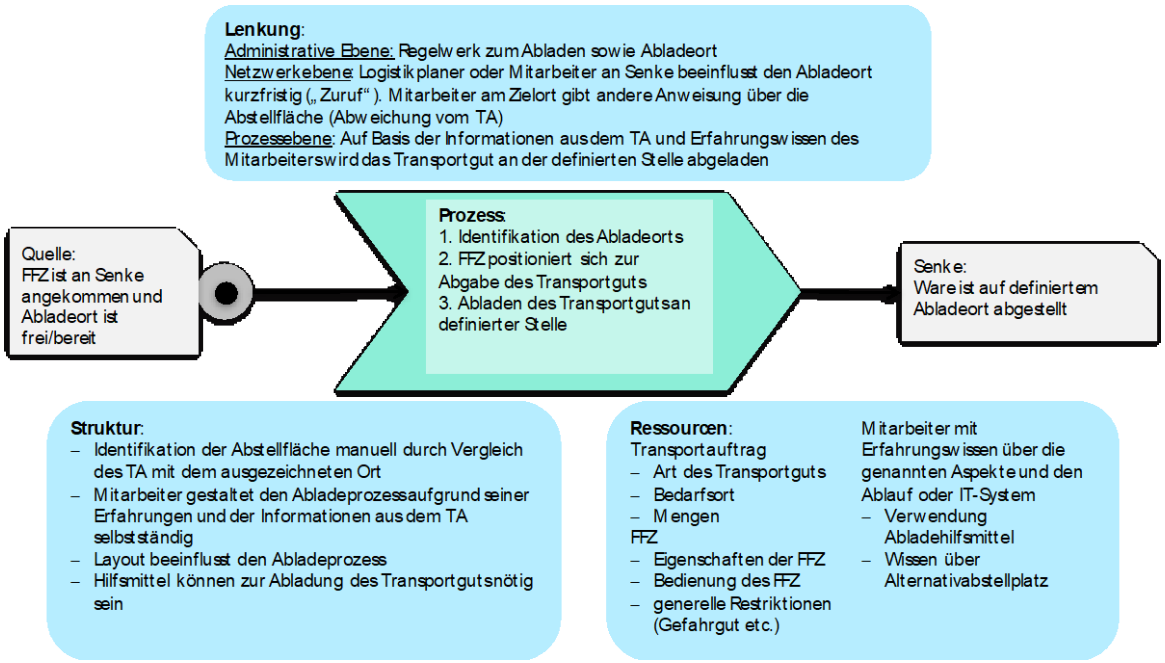


Abbildung 15: PKE „Abgabe Transportgut"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Abschluss des Transportauftrags

Quelle: Alle in einem Transportauftrag (TA) definierten Transportbedarfe (TB) wurden durchgeführt.

Prozess:

1. FFZ-Fahrer meldet über Handheld den Abschluss des letzten TB des TA
2. Abschluss des TA durch das IT-System
3. TA wird automatisiert aus der Auftragsliste gelöscht
4. FFZ wird in den Status „verfügbar" gesetzt

Ressourcen: Für diesen Prozessschritt werden die einzelnen Transportbedarfe aus dem Transportauftrag benötigt. Zudem ist ein Kommunikationsmedium (Handheld) zur Rückmeldung des aktuellen Status notwendig. Der FFZ-Fahrer muss darüber hinaus über Expertenwissen verfügen, wie die Rückmeldung im Unternehmen zu erfolgen hat und welche Informationen er in das IT-System eingeben muss.

Struktur: Die Kommunikation des TA Abschlusses findet über das Handheld des Fahrers mit dem angeschlossenen IT-System statt. Über die Rückmeldung des Fahrers wird der Status des FFZ verändert.

Lenkung: Auf der dispositiven Ebene erfolgt die Rückmeldung über den Status des FFZ (von Status „in Bearbeitung TA 1234" zu „verfügbar"). Die Netzwerkebene bestimmt hier sehr stark die Abläufe, da diese in dem angeschlossenen IT-System eindeutig hinterlegt sind und dem Mitarbeiter anweisen, was er zu tun hat.

Output: Der Prozessschritt endet mit dem formalen Abschluss des TA in dem angeschlossenen IT-System und der Statusänderung des FFZ

Besonderheiten:

- Dieser Schritt erfolgt nur bei den Unternehmen mit angeschlossenem IT-System
- Abschluss des TA häufig dadurch gekennzeichnet, dass der Auftrag operativ durchgeführt wurde. Eine administrative Erfassung erfolgt in den meisten Fällen nicht (kein Zeitstempel, keine Transparenz bzw. Optimierungsmöglichkeiten)

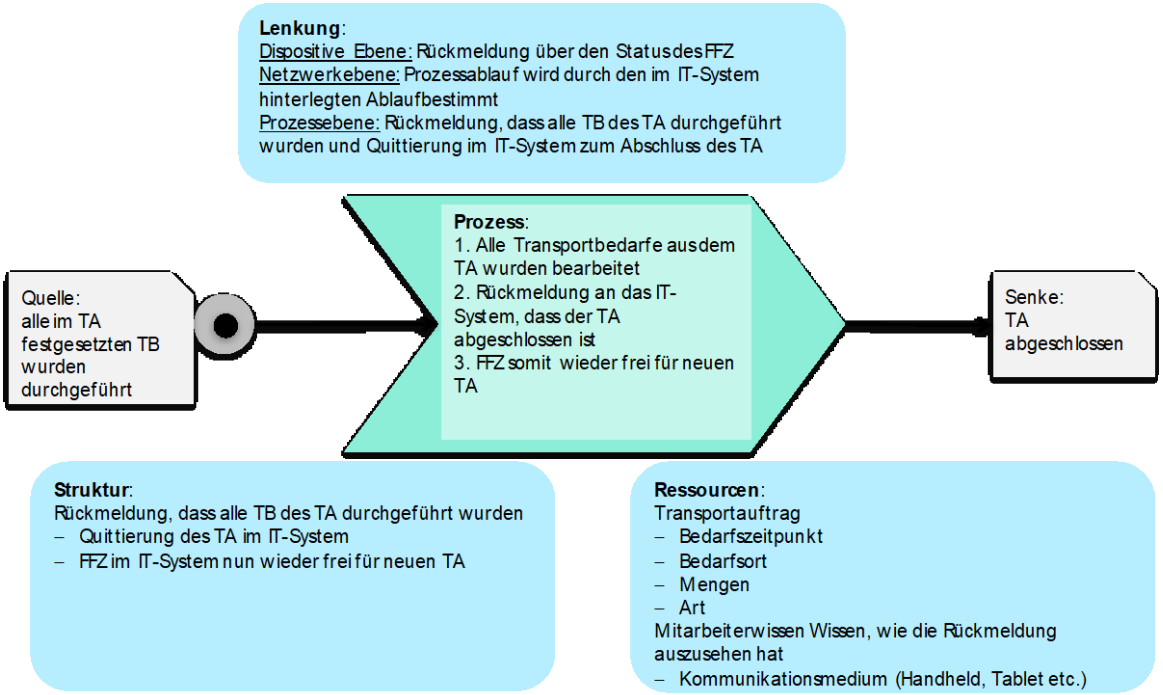


Abbildung 16: PKE „Abschluss Transportauftrag"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Zuordnung eines neuen TA

Quelle: Die Listen der Transportaufträge sind in der festgelegten Reihenfolge freigegeben und bereit für die Abarbeitung.

Prozess:

1. Die Transportaufträge stehen in der definierten Reihenfolge mit den relevanten Informationen zur Verfügung
2. Auf Basis der aktuellen FFZ-Status (z.B. Aufenthaltsort, Auftragsbearbeitung etc.) sowie deren Eigenschaften werden die Transportaufträge explizit einzelnen FFZ zugeordnet.
3. Der entsprechende Transportauftrag wird an das FFZ übermittelt/übergeben (entweder digital auf das Handheld des FFZ-Fahrers oder analog durch Übergabe des Transportauftragszettels)

Ressourcen: Benötigt werden für die Zuordnung die Inhalte des Transportauftrags (Bedarfszeitpunkt, Bereitstellungszeit, Bedarfsort, Mengen, Art) sowie Informationen über die Eigenschaften sowie Einsatzbereich der FFZ und deren Verfügbarkeiten. Darüber hin-

aus ist ein Kommunikationsmedium (digital oder analog) zur Übermittlung des Transportauftrags an den FFZ-Fahrer notwendig. Die Umsetzung dieses Prozessschritts erfolgt dabei ebenfalls durch einen Mitarbeiter bzw. ein IT-System.

Struktur: Die Zuordnung der Transportaufträge erfolgt im Spannungsfeld unterschiedlicher digitaler und analoger Informationen. Zum einen liegen die Transportaufträge zumeist in digitaler Form vor, wohingegen die Reihenfolge häufig in anderen Systemen geplant und festgelegt wird. Zum anderen liegen die Statusinformationen sowie die Eigenschaften der FFZ häufig nur analog vor. Es muss durch den Mitarbeiter somit eine Informationskonsolidierung aus unterschiedlichen digitalen und analogen Quellen erfolgen.

Lenkung: Dieser Prozessschritt wird beeinflusst durch Inhalte aus der administrativen, Netzwerk- und Prozessebene. Auf der administrativen Ebene erfolgt eine Beeinflussung der Prozessgestaltung durch die im Unternehmen definierten Einsatzgebiete für FFZ. Aus der Netzwerkebene werden die aktuellen Status der FFZ kommuniziert, welche bei der Zuordnung ebenfalls eine wichtige Einflussgröße darstellen. Auf der Prozessebene erfolgt schließlich die konkrete Zuordnung der TA zu den FFZ. Hier steuert der entsprechende Mitarbeiter durch seine Entscheidung maßgeblich den Teilprozess.

Output: Die vorhandenen Transportaufträge sind auf Basis der Reihenfolge den entsprechenden FFZ zugeordnet.

Besonderheiten:

- Dieser Prozessschritt ist bei lediglich einem der befragten Unternehmen vorhanden
- Mensch sorgt für die Konsolidierung der Informationen aus heterogenen Quellen

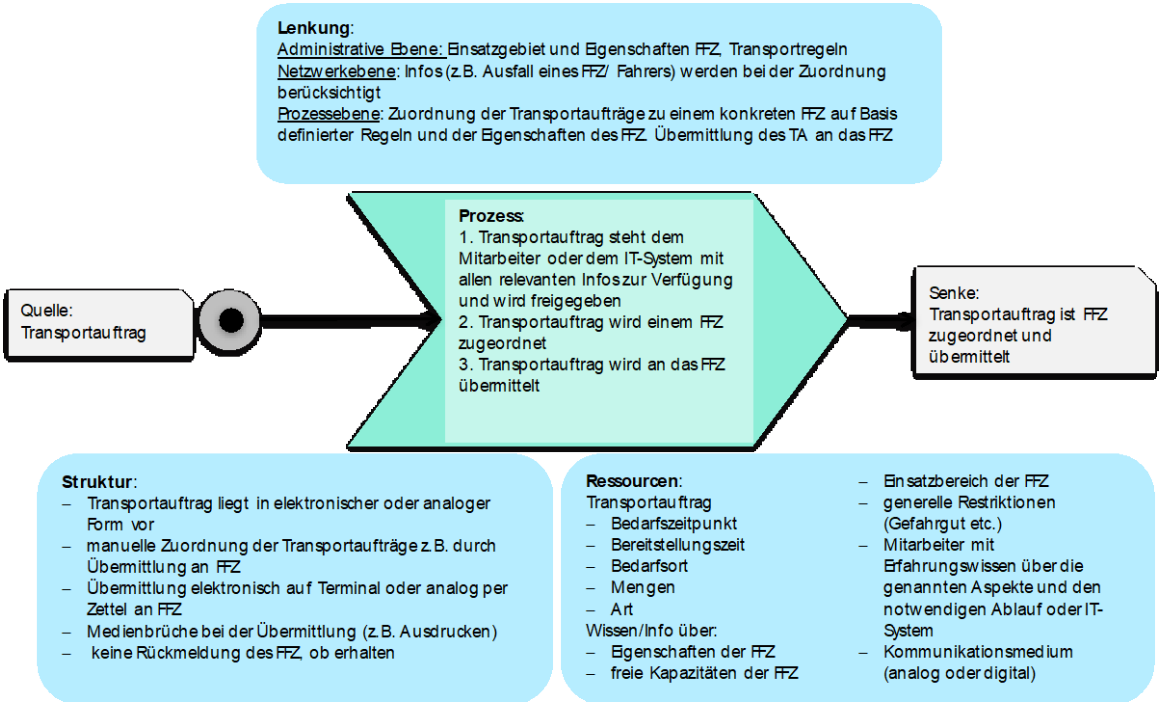


Abbildung 17: PKE „Zuordnung neuer Transportauftrag"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Fahren ohne TA

Quelle: kein Input notwendig

Prozess:

1. FFZ-Fahrer fährt in der Produktions-/Logistikumgebung nach seinem Ermessen
2. FFZ-Fahrer fährt an ihm bekannten Quellen vorbei auf der Suche nach einem neuen TA
3. FFZ-Fahrer erkennt visuell einen neuen Transportauftrag

Ressourcen: In diesem Prozessschritt werden neben dem FFZ und dessen Fahrer nur sein Erfahrungswissen hinsichtlich der anzufahrenden Quellen benötigt.

Struktur: Der Fahrer fährt auf einer selbst definierten Route durch die Umgebung und sucht nach einem neuen Auftrag. Dieser ist für ihn nur visuell ersichtlich (Transporteinheit auf definierter Fläche abgestellt). Das Layout der Umgebung gibt dabei die Struktur der Route vor.

Lenkung: Die administrativen Ebene gibt dem Fahrer vorgaben, was er nach Abschluss eines Transportauftrags machen soll. Aus der Netzwerkeben erhält der FFZ-Fahrer auf Zuruf bzw. visuell einen neuen Transportauftrag, wenn er an der entsprechenden Quelle vorbeifährt. In der Prozessebene steuert er den genauen Ablauf dieses Prozessschritts selbst, da er die Route zur Suche nach einem neuen Transportauftrag selbst bestimmt.

Besonderheiten:

- Dieser Schritt findet nur bei Unternehmen mit analoger Kommunikation mit dem FFZ-Fahrer statt.
- Hohe Ineffizienz, da die Auftragszuordnung durch den Fahrer geschieht und dieser keinen Überblick über die offenen Transportaufträge hat.

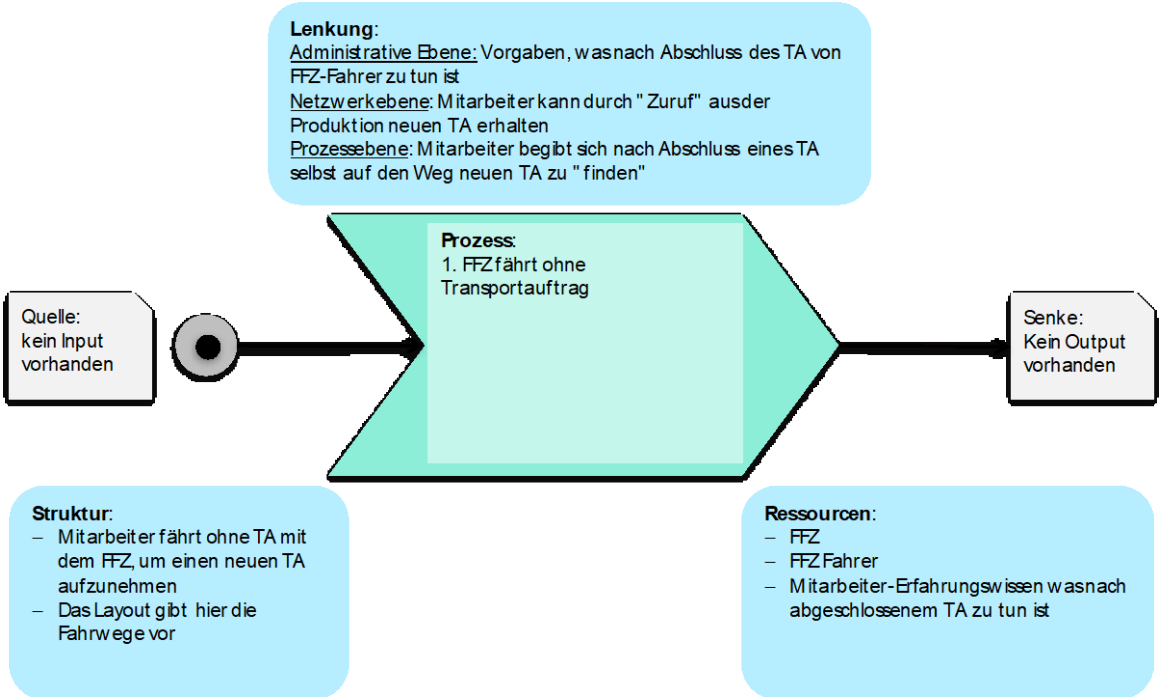


Abbildung 18: PKE „Fahren ohne Transportauftrag"
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

3.3 ZUSAMMENFASSUNG DER RESSOURCEN INTRALOGISTISCHER TRANSPORTPROZESSE

Die im vorausgehenden Kapitel detailliert beschriebenen Prozesskettenelemente sind in den Unternehmen als stark verketteter Prozess zu verstehen. Entlang dieses Prozesses sind eine Reihe von Ressourcen notwendig, die im Folgenden nochmals explizit dargestellt werden. Diese werden dabei den zwei Kategorien Material- und Informationsfluss zugeordnet.

Ressourcen im Materialfluss:

Flurförderzeuge: Eine zentrale Ressource der intralogistischen Transportprozesse sind die Flurförderzeuge. In allen befragten Unternehmen wurden überwiegend Gabelstapler eingesetzt, um den Großteil der Transportstrecke von der Quelle bis zur Senke zu überwinden. Darüber hinaus wurden in einigen Unternehmen ebenfalls noch manuell betriebene Handhubwagen verwendet, um bspw. von einer zentralen Abladestelle, das benötigte Transportgut an den Bedarfsort zu befördern.
Ein Unternehmen hat darüber hinaus einen Routenzug im Einsatz, der auf einer definierten Strecke zu festgelegten Zeiten ein definiertes Transportvolumen befördern kann. Dabei transportiert der Routenzug die Transporteinheiten nur bis zu einer definierten Haltestelle. Von dort werden die Transporteinheiten dann mittels eines Handhubwagens zu den Bedarfsorten verbracht. Die Bandbreite an eingesetzten Flurförderzeugen ist in den befragten Unternehmen zumeist darauf zurückzuführen, dass die logistisch zu bearbeitende Fläche über die Jahre gewachsen ist und neue FFZ für bestimmte Bereiche ergänzt wurden. Eine Optimierung des Transportsystems hinsichtlich der eingesetzten Flurförderzeuge hat oftmals nicht stattgefunden, weshalb die Transporteinheit von der Quelle bis zum Bedarfsort häufig durch mehrere FFZ befördert wird.

Transporteinheiten: Die Transporteinheit als zweite wesentliche Komponente der intralogistischen Transportprozesse war in den befragten Unternehmen sehr unterschiedlich. Diese reichte von kleinen, leichten Einzelteilen, die in einem entsprechenden Ladungsträger verpackt waren bis hin zu sehr großen Komponenten mit bis zu 350t Gewicht. Der Transportaufwand hinsichtlich Zeit, Ladungssicherung etc. unterscheidet sich je nach Art der Transporteinheit daher enorm. Zudem hat die Transporteinheit einen erheblichen Einfluss auf die Art des benötigten Flurförderzeuges. So gibt es neben Gabelzinken bspw. noch Klammern, Nadeln oder magnetische Aufnahmeeinrichtungen.

Transporthilfsmittel: Für den Transport der Transporteinheit sind in einigen Unternehmen Transporthilfsmittel notwendig. So ist bspw. für die Beladung des Staplers ein an der Quelle befindlicher Kran notwendig. Dieser hebt die Transporteinheit auf die Gabelzinken. Des Weiteren konnte in einem Unternehmen die Transporteinheit nur mit einem definierten Anhänger transportiert werden. Dieser musste durch FFZ-Fahrer vor dem Transport aus einer zentralen Lagerstelle geholt werden.

FFZ-Fahrer: In allen befragten Unternehmen wurden die Flurförderzeuge durch Mitarbeiter gesteuert. Diese können dabei als zentrale Informationsschnittstelle

gesehen werden, da sie aus unterschiedlichen Quellen relevanten Informationen für die Ausführung des Transportauftrags verarbeiten. So erhalten sie in einigen der befragten Unternehmen digitale Informationen wie den Transportauftrag bspw. über ein Handheld. Zudem müssen sie analoge Informationen in Form von Warenbegleitpapieren ebenfalls beachten. Durch die Kommunikation mit anderen Mitarbeitern, bspw. in Kommissionier- und Produktionsbereichen, erhalten sie überdies weitere Informationen, die den Transportprozess beeinflussen können. Nicht zuletzt müssen sie über ausreichendes Expertenwissen zur Nutzung des FFZ sowie die Verwendung von eventuell benötigten Hilfsmitteln verfügen. Durch Verarbeitung all dieser Informationen gestalten die Mitarbeiter auf dem FFZ den tatsächlichen Transportprozess maßgeblich. In den befragten Unternehmen ist dabei erkennbar, dass sich die Mitarbeiter auf den FFZ zahlreiche Informationen aktiv beschaffen, um den Prozessablauf optimal zu gestalten.

Mitarbeiter (Planung): Die Mitarbeiter der Planungsabteilung haben ebenfalls einen großen Einfluss auf die Transportprozesse. Im Rahmen ihrer Tätigkeit leiten sie in einigen der befragten Unternehmen aus den Fertigungsaufträge die konkreten Transportbedarfe ab und legen die Abarbeitungsreihenfolge der Transportaufträge fest. Dabei beziehen sie ähnlich wie die Mitarbeiter auf den FFZ eine Reihe von Informationen aktiv ein. So berücksichtigen sie bei der Reihenfolgeplanung bspw. Maschinenstillstände, die sie aus dem Leitstand der Produktion mitgeteilt bekommen. Nicht zuletzt sind hier das Expertenwissen und die Berufserfahrung aus dem jeweiligen Unternehmen entscheidend für die effiziente Ausgestaltung der Prozesse.

Mitarbeiter (Quellen und Senken): Die Mitarbeiter an den Schnittstellen des intralogistischen Transportprozesses sind eine wichtige Informationsquelle sowohl für den FFZ-Fahrer als auch die Planungsmitarbeiter. In den befragten Unternehmen teilen diese wichtige Informationen (bspw. Maschinenausfälle, dringende Materialbedarfe etc.) mündlich mit ihren Kollegen und leisten somit einen entscheidenden Beitrag für die Ausgestaltung der intralogistischen Transportprozesse. Aufgrund der engen Verzahnung der Transportprozesse mit den angrenzenden Produktionsprozessen ist die Kommunikation relevanter Informationen sehr wichtig.

Neben den Ressourcen im Materialfluss sind hinsichtlich des Ablaufs der intralogistischen Transportprozesse folgenden Inhalte des Informationsflusses notwendig.

Ressourcen im Informationsflusses:

ERP-System: In allen befragten Unternehmen wurden die Fertigungs- oder Bauaufträge aus dem ERP-System elektronisch übermittelt. Die relevanten Informationen über die entsprechenden Teile sind somit in diesen Systemen digital vorhanden.

ERP-Erweiterungen: An das ERP-Systemen angrenzend setzten einige Unternehmen zur Planung ihrer logistischen Prozesse Add-Ons wie etwa das SAP-EWM (Extended Warehouse Management) oder ein angeschlossenes Lagerführungssystem ein. Diese Tools werden dazu genutzt aus den Fertigungsaufträgen die logistischen Transportbedarfe abzuleiten und Transportaufträge zu erstellen. Hierfür sind die logistischen Aufwände für jedes Teil im ERP-System hinterlegt, sodass auf

Basis von klar definierten Regeln eine automatisierte Ableitung der Bedarfe und Aufträge erfolgt. Zudem hatte ein Unternehmen ein an SAP angeschlossenes Planungstool, um die intralogistischen Abläufe zu planen. In diesem Tool erfolgt auch die Zuordnung von Transportaufträgen zu einem FFZ. Menschliche Schnittstelle zur Planung ist hier bewusst gewählt, da nicht alle relevanten Informationen zur optimalen Planung digital vorliegen.

Handheld/Scanner: Das Kommunikationsmedium zwischen Lagerverwaltungssoftware und Mensch ist in einigen Unternehmen das Handheld/der Scanner. Dieses hat bspw. der FFZ-Fahrer während der Fahrt dabei und bekommt hierüber die relevanten Informationen angezeigt. Darüber hinaus nutzt der Fahrer das Handheld, um Transporteinheiten zu identifizieren bzw. Quellen und Senken zu identifizieren. Dabei erfolgt bei den befragten Unternehmen nicht zwangsläufig eine Rückmeldung in das angeschlossene Softwaresystem, ob die angezeigte Aktivität auch wirklich durchgeführt wurde.

Regelwerke und Vorschriften: Neben den digital verfügbaren Informationen in den IT-Systemen bestehen zahlreiche Regeln und Vorschriften aktuell nur in analoger Form. So sind bspw. die Vorschriften zum Transport der Transporteinheiten in den Unternehmensstandorten lediglich in Papierform vorhanden. Dieses Wissen wird den FFZ-Fahrer zumeist im Rahmen von Schulungen vermittelt. Im operativen Betrieb können sie nur sehr aufwändig Einzelheiten in Handbüchern nachschlagen. Insbesondere bei Transporteinheiten mit hohen Anforderungen bspw. an den Transportschutz oder den Bedarf an Transporthilfsmitteln ist es häufig Erfahrungswissen auf das die Mitarbeiter zurückgreifen. Für neue Mitarbeiter ist es daher sehr langwierig und aufwändig sich das notwendige Wissen anzueignen.

Analoge Dokumente: Im Rahmen der intralogistischen Transportprozesse sind bei den befragten Unternehmen neben den Regelwerken und Vorschriften noch zahlreiche weitere analoge Dokumente im Umlauf. So sind in einigen Unternehmen die Transportaufträge für die FFZ-Fahrer nur in Papierform vorhanden und werden diesen an einer definierten Stelle übergeben bzw. befinden sich direkt an der zu transportierenden Transporteinheit. Des Weiteren befinden sich an der Transporteinheit meist weitere „Zettel“ mit relevanten Informationen für den FFZ-Fahrer oder die nachfolgenden Prozessschritte. Für die Mitarbeiter ergibt sich hierdurch allerdings die Herausforderung sich die relevanten Informationen heraussuchen zu müssen. Zudem ist die Aktualität der Informationen nicht sichergestellt, weshalb eine kontinuierliche mündliche Kommunikation mit anderen Kollegen notwendig ist.

Mündliche Kommunikation: Die mündliche Kommunikation zwischen den Mitarbeitern im intralogistischen Transportprozess sowie angrenzenden Prozessen spielt eine wesentliche Rolle für die Effizienz der Prozesse. So holen die Planungsmitarbeiter in den befragten Unternehmen zahlreiche Informationen bspw. vom Leitstand der Fertigung ein, um auf dieser Grundlage die logistischen Abläufe zu terminieren. Überdies kommunizieren auch die FFZ-Fahrer teilweise sehr stark mit ihren Kollegen, um die Transportabläufe individuell festzulegen. In zwei der befragten Unternehmen wurde der FFZ-Fahrer sogar direkt durch seinen Vorgesetz-

ten gesteuert, indem er von diesem die Transportaufträge erhalten hat. Die mündliche Kommunikation zwischen den Mitarbeitern kompensiert dabei häufig die mangelnde Struktur der Informationsflüsse.

Mitarbeiter Erfahrungswissen: Das Erfahrungswissen der Mitarbeiter spielt nicht nur bei der Umsetzung von Regeln und Vorschriften eine wichtige Rolle. Vielmehr definieren die FFZ-Fahrer den genauen Prozessablauf des Transportprozesses selbst. Für eine effiziente Ausgestaltung dieser Abläufe sammeln sie über die Jahre hinweg zahlreiche Erfahrungen und kennen die besonderen Charakteristika ihres Einsatzbereiches. Somit hat das Erfahrungswissen der Mitarbeiter ganz erheblichen Einfluss auf die intralogistischen Transportprozesse. Dabei muss allerdings erwähnt werden, dass sich die FFZ-Fahrer häufig nur im Rahmen ihres Prozesses optimieren und dies nicht dem Gesamtoptimum entsprechen muss.

3.4 FAZIT ZU DEN AKTUELLEN PROZESSEN

Die dargestellten Ergebnisse des Status quo der intralogistischen Transportprozesse mit Flurförderzeugen in produzierenden Unternehmen lassen erkennen, dass die Informationsbedarfe der einzelnen Elemente nicht klar formuliert sind. Wer, welche Informationen zu welcher Zeit und Güte benötigt, ist in den Unternehmen nicht eindeutig definiert. Dies führt dazu, dass auch die Informationsflüsse zwischen den Elementen sehr unterschiedlich ausgeprägt sind und häufig nicht alle relevanten Informationen verteilt werden. Insbesondere auch hinsichtlich der zahlreichen analogen Informationen und der mündlichen Kommunikation, welche überwiegend nicht dokumentiert wird, ist die Informationsverteilung nicht gewährleistet. Darüber hinaus bestehen in den Informationsflüssen zahlreiche Medienbrüche, da bspw. Daten aus einem IT-System durch einen Mitarbeiter ausgelesen und verarbeitet werden, um diese anschließend wieder in ein anderes IT-System einzuspeisen, welches dann einen Transportauftrag in Papierform erstellt.

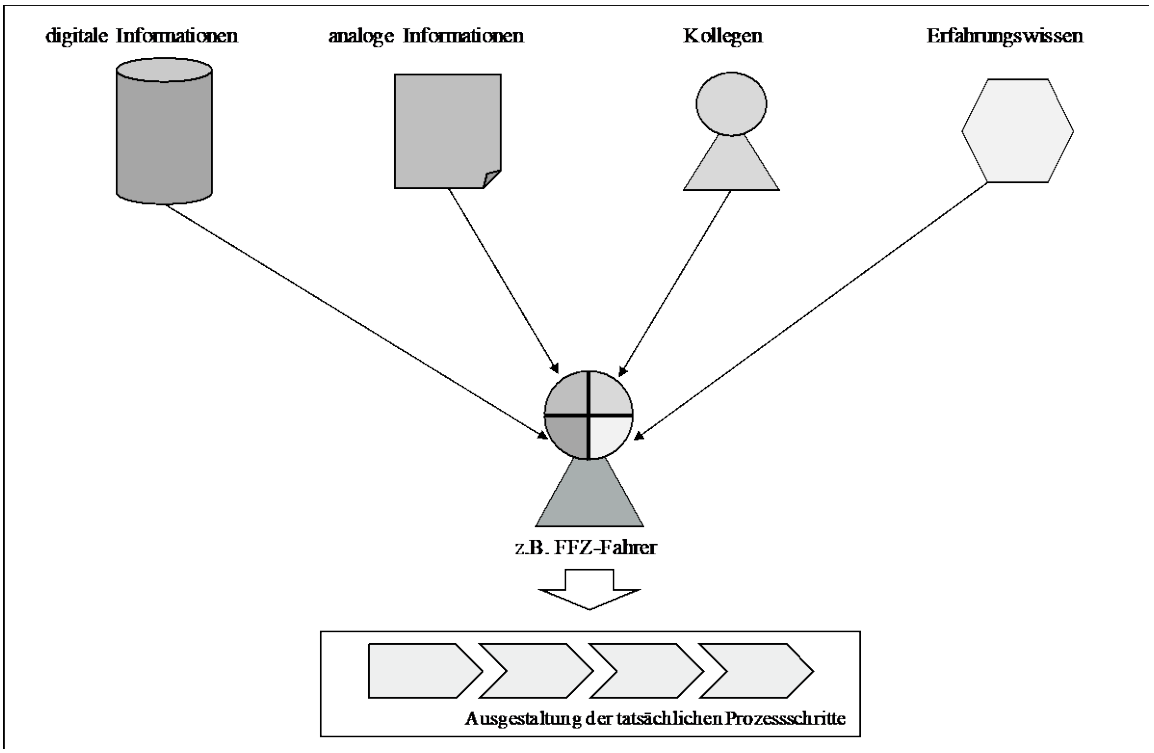


Abbildung 19: Der Mitarbeiter als zentrale Informationsschnittstelle
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Expertenbefragung

Die Mitarbeiter in den Prozessen kompensieren diese Informationsdefizite aber durch ihre aktive Informationsbeschaffung. Vor allem die Planungsmitarbeiter und FFZ-Fahrer holen sich, wie in Abbildung 19 dargestellt, aus den unterschiedlichen Quellen (IT-Systeme, Kollegen, analoge Dokumente) die für ihren Prozess benötigten Inhalte. Da sie auf Basis dieser Informationen ihre Prozessschritte individuell gestalten, kann dies als dezentrale Entscheidungsfindung gesehen werden. Die Mitarbeiter sind dabei die universale Datenverarbeitungsschnittstelle, die sich aktiv die relevanten Informationen zusammensucht. Allerdings ist dabei anzumerken, dass die Aktualität der Informationen sowie der Umfang begrenzt sind. Somit optimieren sich die Mitarbeiter immer nur in ihrem Bereich und im Rahmen einiger weniger Informationen. Die Ausrichtung der Prozesse hinsichtlich eines Gesamtoptimums, vor allem auch über die intralogistischen Transportprozesse hinaus bspw. in Richtung Produktion ist dabei nur sehr schwer möglich. Des Weiteren können die Mitarbeiter auch nur eine gewisse Anzahl an Information nutzenstiftend verarbeiten. Vor allem hinsichtlich der zunehmenden Informationsvielfalt durch die Digitalisierung werden sie an die Grenzen ihrer Entscheidungsfindung kommen.

In den befragten Unternehmen ist dabei auffällig, dass zwar Assistenzsysteme wie etwa Staplerleitsysteme oder Lagerverwaltungssysteme bestehen, die in Kombination mit dem Handheld die Aufgaben der Mitarbeiter erleichtern, allerdings beinhalten diese häufig nur sehr grundlegende Informationen. Der eigentliche Transportprozess wird in den Unternehmen aktuell nicht transparent. Viele der erfassten Daten bspw. die Scanzeitpunkte der Transporteinheiten an Quellen und Senken dienen nur als Beleg und werden nicht weiter genutzt. Sowohl die Transporttechnik wie auch die Transporteinheit sind bisher noch fast nicht in die digitale Welt integriert. Die bestehende Basis an fundierten digitalen Daten ist somit für eine gezielte Optimierung oder Steuerung nicht ausreichend, weshalb hier ebenfalls auf analoge Datenquellen zurückgegriffen wird. Die Optimierung der

Prozesse ist demzufolge sehr schwammig und beruht stark auf dem Erfahrungswissen der Logistikexperten (Logistikleiter/Logistikplaner) im Unternehmen.

Hinsichtlich der Umsetzung von Digitalisierungslösungen sind die Unternehmen noch sehr zurückhaltend. Es fehlt hier häufig eine Digitalisierungsroadmap, welche die konkreten Entwicklungsschritte aufzeigt. Die Unternehmen sind hier größtenteils sehr unsicher, welche Lösungen ihnen langfristig Mehrwert sichern. Dies ist einer der Gründe, weshalb bisher nur vereinzelt digitale Lösungen in den Unternehmen umgesetzt sind. Die Datenbasis ist dementsprechend geprägt durch zahlreiche analoge und digitale Daten.

4 ZUKÜNFTIGE HERAUSFORDERUNGEN UND VISION DER INTRALOGISTIK AUS SICHT DER UNTERNEHMEN

Im Rahmen der Expertenbefragung wurden die Unternehmen neben den detaillierten Prozessschritten auch nach ihrer Einschätzung hinsichtlich zukünftiger Herausforderungen sowie ihrer Vision der Intralogistik befragt.

Die Unternehmen sehen in der Zukunft eine weitere Zunahme der Komplexität bei den zu fertigenden Produkten. So bestehen die Produkte aus immer mehr Teilen, welche auf Wunsch des Kunden nach mehr Individualisierung in mannigfaltigen Ausprägungen hergestellt werden. Die hierdurch entstehende Vielzahl an verschiedenartigen Herstellungsprozessen beeinflusst die Materialbereitstellung in erheblichem Maße, da unterschiedlichste Bereitstellungsstrategien für die einzelnen Teile bestehen. Somit entsteht für die intralogistischen Transportprozesse ein komplexes System an zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen bei der Bereitstellung der Materialien, welches vor allem hinsichtlich der Optimierung der Prozesse eine zunehmende Herausforderung darstellt. Für alle befragten Unternehmen ist daher klar, dass ohne technologische Unterstützung in Zukunft keine effiziente Materialbereitstellung mehr möglich ist.

Vor allem hinsichtlich des Kostendrucks, gerade auch am Standort Deutschland, sind Effizienz und kontinuierliche Prozessoptimierung für die Unternehmen sehr wichtig. Die intralogistischen Transportprozesse müssen dabei sowohl niedrige Logistikkosten auf der einen Seite und eine hohe Servicequalität auf der anderen Seite gewährleisten. Daneben ist auch der soziale Druck hinsichtlich der Digitalisierung vorhanden. Viele Mitarbeiter haben im Zuge der Digitalisierung Angst ihren gewohnten Arbeitsplatz zu verlieren. Auch an dieser Stelle müssen die Unternehmen ansetzen und sich Lösungen überlegen die Mitarbeiter zu involvieren und bei der Gestaltung der Zukunft zu beteiligen. Viele der befragten Unternehmen sehen hier im Rahmen der Digitalisierung die Umsetzung von Assistenzsystemen für die Mitarbeiter. Diese sollen bei ihren täglichen Aufgaben entlastet werden. Zudem sollen die Mitarbeiter durch diese Systeme wesentlich schneller befähigt werden bestimmte Aufgaben zu übernehmen. Gerade hinsichtlich des in der operativen Logistik vorherrschenden Fachkräftemangels ist es wichtig, Mitarbeiter schnell in bestimmten Funktionen einsetzten zu können.

Darüber hinaus sehen die Unternehmen durch die Digitalisierung eine Chance zur engeren Verbindung mit ihren Lieferanten und Kunden. Dies beschränkt sich nicht nur auf einen verbesserten Datenaustausch, sondern bezieht sich auf eine gesamtheitliche Sichtweise zur Prozessoptimierung. So verwendet bspw. nicht mehr jedes Unternehmen seine eigenen Ladungsträger, sondern es bestehen einheitliche, datenerfassenden Ladungsträger über den gesamten Prozessdurchlauf. Durch die Integration von Technologien wünschen sich die Unternehmen einfachere und schlankere Prozesse und eine gezielte Optimierung. Hierzu gehören auch automatisierte Systeme wie etwa fahrerlose Transportsysteme (FTS). Diese können sich die Unternehmen allerdings erst dann wirklich in ihren Prozessen vorstellen, wenn die Kooperation zwischen Mensch und Maschine auf eine deutlich effizientere Weise erfolgt als bisher. FTS operieren in nicht abgesperrten Bereichen bisher nur sehr langsam, was einer der Gründe ist, dass diese Systeme vor allem bei mittelständischen Unternehmen bisher nur sehr selten zum Einsatz kommen. Grundlage für die Umsetzung der Digitalisierung in den Unternehmen ist dabei ein umfassendes

Verständnis über die Nutzenpotenziale. Dieses sehen die befragten Unternehmen aktuell häufig noch nicht, wodurch sich die zögerliche Haltung bei der Entwicklung und Umsetzung von Digitalisierungslösungen ergibt.

5 IMPLIKATIONEN FÜR FORSCHUNG UND PRAXIS

Im Rahmen der Expertenbefragung stellten alle Unternehmen heraus, dass sie in den intralogistischen Transportprozessen deutliche Potenziale zur Optimierung sehen. Dabei wurde klar, dass es den Unternehmen häufig an einer fundierten Struktur zur Erarbeitung und Umsetzung eines Zukunftsbildes der Intralogistik mangelt. In einigen der befragten Unternehmen wurden daher Beratungsunternehmen involviert, die Teilaspekte von Optimierungs- bzw. Restrukturierungsmaßnahmen begleiteten. Dennoch fällt es den Unternehmen schwer, gerade in Bezug auf die Digitalisierung, die Weiterentwicklung der Prozesse konkret zu definieren. Häufig überwiegen die operativen Herausforderungen, sodass sich um die mittel- und langfristig Zukunft der Intralogistik keine strukturierten Gedanken gemacht werden können.

Demgegenüber sind sich die Unternehmen der zukünftigen Anforderungen an die intralogistischen Transportprozesse sehr bewusst. So wird die Komplexität der Produkte weiter zunehmen und somit auch die Komplexität der Warenbereitstellung weiter steigen. Die für einen effizienten Ablauf der Prozesse zu berücksichtigenden Informationen nehmen in diesem Zusammenhang ebenfalls stark zu, weshalb die Unternehmen aktuell bereits auf der Suche nach Lösungen sind. Für den Autor ergab sich dabei der Eindruck, dass es den Unternehmen dabei allerdings schwer fällt den Überblick über bestehende Lösungskonzepte, innovative Forschungsergebnisse und die notwendigen Schritte auf dem weiteren Weg in die Zukunft zu behalten.

Aus diesem Grund muss eine grundlegende Strukturierung erarbeitet werden, die deutlich aufzeigt, welche Aspekte bei der Umsetzung von Anwendungen im Rahmen der Digitalisierung beachtet werden müssen. Im Rahmen der Expertenbefragung wurde bspw. deutlich, dass die Informationsbedarfe der Elemente des intralogistischen Transports nicht eindeutig definiert sind. Dies bildet allerdings die entscheidende Grundlage für die Auswahl von Technologien und die Entwicklung von Lösungskonzepten. Für die Unternehmen muss klar aufgezeigt werden, welche Aspekte sie bei der Entwicklung und Umsetzung von Lösungen im Rahmen der Digitalisierung beachten müssen und welche Voraussetzungen in den Unternehmen bestehen müssen, denn die aktuell fehlende Transparenz führt zur Verunsicherung und hindert Unternehmen an der Weiterentwicklung ihrer intralogistischen Transportprozesse.

Des Weiteren müssen sich Lösungen in ein Gesamtbild einfügen lassen, sodass der langfristige Nutzen der Investition besser bewertet werden kann. Dies ist besonders dahingehend relevant, dass bspw. die Digitalisierung bestimmter Prozessbereiche zunächst nur einen geringen Mehrwert für das Unternehmen hat. So bringt die Integration von FFZ in die digitale Welt durch die Installation von entsprechenden Sensoren für sich alleine genommen nur einen bestimmten Mehrwert, indem die tatsächlichen Prozesse transparent werden und hieraus Optimierungen abgeleitet werde können. Sieht man dies allerdings im Zusammenhang bspw. mit einem digitalisierten Behältermanagement, lassen sich Materialströme abbilden und die Prozesse weiter integrieren und optimieren. Integriert man darüber hinaus noch Maschinen- und Planungsdaten aus der Produktion, lassen sich sowohl Produktions- als auch Logistikprozesse noch besser auf einander abstimmen. Somit

wird deutlich, dass Unternehmen eine mittel- bis langfristige Vision ihrer Intralogistik benötigen, um eine Roadmap definieren zu können und Lösungskonzepte nicht nur anhand ihrer kurzfristigen Wirkung zu sehen.

Zusammenfassend wurden auf Basis der Expertenbefragung folgende Bedarfe hinsichtlich der Digitalisierung der Intralogistik identifiziert:

#	**Bedarf**	**Fragestellung**	**Was muss betrachtet werden, um den Unternehmen zu helfen**
A	Strukturierung generischer Aspekte zur Entwicklung und Umsetzung von Digitalisierungs-lösungen	„Auf was muss ich als Unternehmen achten, um eine Digitalisierungslösung zu entwickeln und umzusetzen?“	- Informationsbedarfe - Technologieexpertise - Wertversprechen für den Kunden des Prozesses
B	Leistung von Technologie	„Welche Technologien passen zu meinem Bedarf und sind langfristig erweiterbar?“	- Technologie Kategorien entwickeln - Technologieexperten für IIS/extern definieren
C	Struktur zur Entwicklung einer Roadmap	„Wie passen alle meine Digitalisierungslösungen zusammen? Was ergibt sich für ein Gesamtbild?“	- Input aus A - Struktur zur Aufstellung einer solche RM entwickeln
D	Bewertung von Lösungen	„Was bringt mir Lösung XY jetzt und in mittelfristiger sowie langfristiger Zukunft?“	
E	Welche Aspekte hat Digitalisierung	„Am Ende ist die Digitalisierung nur ein Vehikel, um den Prozess besser zu machen“	- Mitarbeiter mitnehmen - Sichtweisen der Digitalisierung

Tabelle 2: Zusammenfassung von Bedarfen der Unternehmen

Die dargestellte Tabelle stellt dabei einen ersten Wurf für die aktuellen Bedarfe dar und ist als kontinuierlich zu erweiterndes Dokument zu verstehen.

6 ANHANG

6.1 LITERATURVERZEICHNIS

Arnold, D. (2006), Intralogistik „Potentiale, Perspektiven, Prognosen“, Springer, Berlin.

Aßmann, R. (2008), Innerbetriebliche Logistik, in: Arnold, D., Kuhn, A., Furmans, K., Handbuch Logistik, Springer, Heidelberg, S.613-645.

Baginski, R. (2006), Dezentrale Informationstechnologien für Flurförderzeuge und Ladungsträger zur Optimierung der Intralogistik, in: Arnold, D. (Hrsg.), Intralogistik „Potentiale, Perspektiven, Prognosen“, Springer, Berlin, S. 224-238.

Bauernhansl, T., ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendung, Technologien, Migration, Springer, Wiesbaden.

Beyer, T., Göhner, P., Yousefifar, R., Wehling, K.-H. (2016), Agent-Based Dimensioning to Support the Planning of Intra-Logistics Systems, in: 2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Berlin.

Borcherding, H., Köster, M., Windmann, S., Ehlich, M., Niggemann, O (2013), Energieeffizienz in der Intralogistik - Elektrische Antriebstechnik - intelligent und nachhaltig. In: wt Werkstattstechnik online May 2013.

Brettl, M., Friederichsen, N., Keller, M., Rosenberg, M. (2014), How Virtualization, Decentralisation and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, in: International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, Vol. 8, No:1, S.37-44.

Delfmann, W., Dangelmaier, W., Gu̇nthner, W., Klaus, P.; Overmeyer, L., Rothengatter, W., Weber, J., Zentes, J. 2010. Towards a science of logistics: cornerstones of a framework of understanding of logistics as an academic discipline. Logistics Research 2(2), 57-63.

Eisenkopf, A. (2008), Logistik und Umwelt, in: Arnold, D., Kuhn, A., Furmans, K. (Hrsg.), Handbuch Logistik, Springer, Heidelberg, S.1017-1050.

Fleisch, E. (2010), What ist he Internet of Things?, (White Paper), Swiss Federal Institute of Technology in Zurich/University of St. Gallen, 2010.

Freitag, M., Thamer, H., Lappe, D., Uriarte, C. (2015), Perspektiven in der Intralogistik durch Industrie 4.0, in: Schenk, M. (Hrsg.), 20. Magdeburger Logistiktage „Sichere und nachhaltige Logistik“, Magdeburg, S. 20-24.

Fürstenberg, F., Tentrop, F. (2008), Entwicklung eines fachlichen Referenzmodells für internationale Logistiknetze, Universitätsverlag TU Berlin, Berlin.

Geisberger, E., Broy, M. (2012), Agenda CPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech), München.

Geitz, H., Blauermel, G., Feuchter, P., Jacobi, C., Peychal-Heiling, A., Süssenguth, W., Haeffs, J. (2012), Produktion und Logistik in Deutschland 2025, VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik, Düsseldorf.

Gölzer, P. (2017), Big Data in Industrie 4.0 - Eine strukturierte Aufarbeitung von Anforderungen, Anwendungsfällen und deren Umsetzung, Dissertation, Nürnberg.

Günther, P. (2006), „Intralogistik – eine starke Branche stellt sich vor“, in Arnold, D. (Hrsg.), Intralogistik – Potentiale, Perspektiven, Prognosen, Springer, Berlin, S. 5-16.

Günthner, W., Chisu, R., Kuzmany, F. (2010). Die Vision vom Internet der Dinge, in: Günthner, W., ten Hompel, M. (Hrsg.), Internet der Dinge in der Intralogistik, Springer, Heidelberg, S. 43-46.

Günthner, W., Tenerowicz, P. (2011), Modularisierung und Dezentralisierung in der Intralogistik, in: Industrie Management, Band 1, 2011, S. 25-29.

Harjes, F., Scholz-Reiter, B. (2014). Autonomous Control in Closed Dynamic Logistic Systems, in: International Conference on System-Integrated Intelligence, (Bd. 15) , S. 313–322.

Heiserich, O.-E. (2013), Logistik: Eine praxisorientierte Einführung, Gabler, Wiesbaden.

Hofmann, E., Rüsch, M. (2017), Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics, in: Computers in Industry, 89 (2017), S.23-34.

Jungmann, T., Uygun, Y. (2010), Das Dortmunder Prozesskettenmodell in der Intralogistik, in: Bandow, G., Holzmüller, H. (Hrsg.), Das ist gar kein Modell, Gabler, Wiesbaden, S.357-382.

Kiel, D. (2017), What do we know about „Industry 4.0“ so far?, in: IAMOT 2017 Conference Proceedings, Vol: 26, Vienna.

Kletti, J. (2015), MES – Manufacturing Execution System, Springer Vieweg, Heidelberg.

Kuhn, A. (1995), Prozeßketten in der Logistik. Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien, Praxiswissen, Dortmund.

Kuhn, A. (2008), Prozessorientierte Sichtweise in Produktion und Logistik, in: Arnold, D., Kuhn, A., Furmans, K., Handbuch Logistik, Springer, Heidelberg, S. 215-224.

Martin, H. (2014), Transport- und Lagerlogistik, Springer Vieweg, Wiesbaden.

Mayring, P. (2008), Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken, Beltz, Weinheim.

Müller-Dauppert, B. (2015), Bericht über die Studie“ Erfolgsfaktoren inetgrierter Produktion & Logistik“, in: Intralogistik f+h, 1-2, 2015, Vereinigte Fachverlage, Mainz.

Miebach, J., Müller, P. (2006), Intralogistik als wichtigstes Glied von umfassenden Lieferketten, in: Arnold, D. (Hrsg.), Intralogistik „Potentiale, Perspektiven, Prognosen“, Springer, Berlin, S. 20-30.

Orthodoxos, K., Roidl, M., Günthner, W.-A., ten Hompel, M. (2016), Cloud-Based Platform for Collaborative Design of Decentralized Controlled Material Flow Systems in Facility Logistics, in: Kotzab, H., Pannek, J., Thoben, K.-D. (Hrsg.), Dynamics in Logistics: Proceedings of the 4th International Conference LDIC, Bremen; Springer, Heidelberg

Pfeiffer, S., Lee, H., Zirnig, C., Suphan, A. (2016), Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025, VDMA Studie, Frankfurt.

Pflaum, A., Hohmann, C., Hofmann, B., Boppert, J., Klötzer, C. (2014), Industrie 4.0 und CPS – Bedarfe und Lösungen aus Sicht des Mittelstands, Hrsg: bayme Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro e. V. & vbm Verband der Bayerischen Metall- und Elektro-Industrie e. V., München.

Pfohl, H.-C. (2010), Logistiksystemen: Betriebswirtschaftliche Grundlagen, Springer, Heidelberg.

Plowman, E.G. (1964), Lectures on elements of business logistics, Stanford University, Graduate School of Business, Stanford.

Porter, M. (1986), Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistung erreichen und behauten, Campus, Frankfurt.

Prasse, C., Nettstraeter, A., ten Hompel, M. (2014), How IoT will change the design and operation of logistics systems, in 2014 International Conference on the Internet of Things (IOT): 6 - 8 Oct. 2014, Cambridge, MA, Cambridge, MA, USA, 6/10/2014 - 8/10/2014, IEEE, Piscataway, NJ, S. 55–60.

Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M. und Lappe, D. (2014), Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung, in Bauernhansl, T., ten Hompel, M. und Vogel-Heuser, B. (Hrsg.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendung, Technologien, Migration, Springer, Wiesbaden, S. 57-84.

Schneider, O., Hohenstein, F., Günthner, W. (2011), Bewertung von Methoden hinsichtlich einer ganzheitlichen Prozessdarstellung, Logistics Journal: Not reviewed publication, Vol. 2011.

Sebulke, J. (2007), Fördertechnik, in: Böge, A. (Hrsg.), Vieweg Handbuch Maschinanbau, Vieweg, Wiesbaden

Spath, D. (2013), Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Fraunhofer Verlag, Stuttgart.

Spathelf, C. (2006), Künftige Aufgaben der Intralogistik im Lieferverbund eines Fahrzeugherstellers, in: Arnold, D. (Hrsg.), Intralogistik Potentiale, Perspektiven, Prognosen, Springer, Berlin, S. 81-90.

Steven, M. (2015), Produktionslogistik, Kohlhammer, Stuttgart.

Schmidt, M., Schneider, A. (2008), Lager und Materialflussprozesse, in: Arnold, D., Kuhn, A., Furmans, K., Handbuch Logistik, Springer, Heidelberg, S.371-404.

Schuh, G., Hering, N., Brunner, A. (2013), Einführung in das Logistikmanagement, in: Schuh, G., Stich, V. (Hrsg.), Logistikmanagement, Springer Vieweg, Heidelberg.

Schuldt, A. (2011), Multiagent Coordination Enabling Autonomous Logistics, Springer, Heidelberg.

Schweer, D., Sahl, C. (2017), The Digital Transformation of Industry – The Benefit for Germany, in: Abolhassan, F. (Hrsg.), The Drivers of Digital Transformation, Springer, Zürich, S.23-32.

Ten Hompel, M. (2010), Individualisierung als logistisch-technisches Prinzip, in: Günthner, W., ten Hompel, M., Internet der Dinge in der Intralogistik, Springer, Heidelberg.

Tödter, J., Viereck, V., Krüger-Basjmeleh, T., Wittmann, T. (2015). Steigerung des Autonomiegrades von autonomen Transportrobotern im Bereich der Intralogistik – technische Entwicklungen und Implikationen für die Arbeitswelt 4.0, in: Botthof, A., Hartmann, E.A., Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Springer Vieweg, Heidelberg.

Winz, G., Quint, M. (1997), Prozesskettenmanagement. Leitfaden für die Praxis, Praxiswissen, Dortmund.

6.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Struktur der Unternehmenslogistik 8

Abbildung 2: Elemente eines Transportsystems 9

Abbildung 3: Prozesskettenelement und seine Grundparameter 14

Abbildung 4: Zusammenfassung der aus den Experteninterviews formulierten Prozesskettenelementen 15

Abbildung 5: PKE „Ableitung von Transportbedarfen“ 17

Abbildung 6: PKE „Ableitung Transportauftrag“ 18

Abbildung 7: PKE „Reihenfolgebildung" 20

Abbildung 8: PKE „Zuordnung Transportauftrag zu FFZ" 21

Abbildung 9: PKE „Annahme des Transportauftrags" 22

Abbildung 10: PKE „Vorbereitung Warenaufnahme" 24

Abbildung 11: PKE „Identifikation des Transportguts" 25

Abbildung 12: PKE „Aufnahme Transportgut" 26

Abbildung 13: PKE „Fahrt von A nach B" 27

Abbildung 14: PKE „Identifikation Senke" 28

Abbildung 15: PKE „Abgabe Transportgut" 30

Abbildung 16: PKE „Abschluss Transportauftrag" 31

Abbildung 17: PKE „Zuordnung neuer Transportauftrag" 32

Abbildung 18: PKE „Fahren ohne Transportauftrag“ 33

Abbildung 19: Der Mitarbeiter als zentrale Informationsschnittstelle 38

6.3 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Funktionen Cyber-Physischer Systeme 12

Tabelle 2: Zusammenfassung von Bedarfen der Unternehmen 433

6.4 DER AUTOR

Christoph Hohmann (M.Sc.) studierte an der Fachhochschule Oberösterreich Wirtschaftsingenieurwesen sowie im Masterstudium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Betriebswirtschaftslehre mit strategischem und industriellem Schwerpunkt. Seit November 2013 arbeitet Herr Hohmann bei der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS im Themenbereich der Digitalisierung der Intralogistik. Dabei hat er sowohl als Projektmitarbeiter wie auch Projektleiter zahlreicher Industrie- und Forschungsprojekte maßgeblich mitgestaltet und umgesetzt. Seit 2019 hat Christoph Hohmann die Leitung der Gruppe Process Intelligence in der Abteilung Analytics inne und erforscht hier den Einfluss und die Nutzenpotenziale der Digitalisierung für das Prozessmanagement in Produktion und Logistik.

Fraunhofer-Institut für
Integrierte Schaltungen IIS

Institutsleitung
Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
(geschäftsführend)
Dr.-Ing. Bernhard Grill
Prof. Dr. Alexander Martin

Am Wolfsmantel 33
91058 Erlangen

Fraunhofer-Arbeitsgruppe für
Supply Chain Services SCS

Leitung
Prof. Dr. Alexander Pflaum

Geschäftsführung
Dr.-Ing. Roland Fischer

Nordostpark 93
90411 Nürnberg

Telefon +49 911 58061-9500
info@scs.fraunhofer.de

www.iis.fraunhofer.de
www.scs.fraunhofer.de

Herausgeber:
Alexander Pflaum, Roland Fischer