

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik  
der Technischen Universität München

# Gestaltung schlanker Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

Tobias Knössl

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Sattelmayer

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann

Die Dissertation wurde am 26.05.2015 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 14.12.2015 angenommen.

Herausgegeben von:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner

**fml** – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Technische Universität München

Zugleich: Dissertation, München, Technische Universität München, 2015

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Layout und Satz: Tobias Knössl

Copyright © Tobias Knössl 2015

ISBN: 978-3-941702-62-2

Printed in Germany 2015

# Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München entstanden. Im Rahmen des Forschungsprojektes LEAN:log erhielt ich die Gelegenheit, mich zusammen mit mehreren Kollegen und Partnern aus der Industrie intensiv mit dem Themengebiet der schlanken Logistik in automobilen Prozessen zu beschäftigen.

Ich möchte mich zunächst recht herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner bedanken, der mir nicht nur die Promotion, sondern zugleich auch ein abwechslungsreiches und praxisorientiertes Arbeiten am Lehrstuhl ermöglicht hat. Darüber hinaus danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann für die Übernahme des Koreferats sowie Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Sattelmayer für den Vorsitz der Prüfungskommission.

Weiterhin möchte ich dem Vorstandsvorsitzenden der BLSG AG, Herrn Dr. Jürgen Grinninger, für die überaus interessanten fachlichen Diskussionen und die ausgesprochen angenehme Arbeitsatmosphäre während meiner Anstellung als Unternehmensberater danken. Ebenso gilt mein Dank dem Leiter der Produktlinie Motorrad der BMW Group, Herrn Nikolaus Bauer, für den konstruktiven Ideenaustausch im Rahmen meiner Vorlesungsbetreuung.

Nicht zuletzt gebührt meinen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl ein großer Dank für die ebenfalls hervorragende Arbeitsatmosphäre und die zahlreichen fachlichen sowie nicht-fachlichen Gespräche. Hervorheben möchte ich insbesondere meinen Bürokollegen Robert Micheli, der mir stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist, sowie Tobias Staab für die finale Durchsicht dieser Arbeit. Bedanken möchte ich mich an dieser Stelle auch bei meinen beiden langjährigen Freunden Patrick Kammermayer und Tobias Kornprobst für die allzeit bereichernden privaten Stunden mit Ihnen.

Meinen größten Dank möchte ich jedoch meiner Familie aussprechen, insbesondere meinen Eltern und Großeltern, die mich auf meinem bisherigen Lebensweg in allen Bereichen vorbehaltlos unterstützt und damit wesentlich zum erfolgreichen Abschluss meiner Promotion beigetragen haben. Meiner Schwester Jennifer danke ich für ihren mühevollen Einsatz bei der Erstkorrektur dieser Arbeit.

Ingolstadt, im Dezember 2015

Tobias Knössl



# Kurzdarstellung

Die Automobilindustrie unterliegt einem sukzessive steigenden Kostendruck, welcher nicht nur der weltweit verschärften Wettbewerbssituation geschuldet ist. Jener lässt sich ebenso auf die Tatsache zurückführen, dass die Kunden kostenbewusster agieren und zugleich ihre Produkthanforderungen erhöhen. Demnach stehen sämtliche Partner einer automobilen Wertschöpfungskette derzeit vor der Herausforderung, Kosteneinsparpotentiale in verschiedensten Bereichen zu realisieren, ohne dabei den Kundennutzen zu schmälern. Ein bewährter Hebel zur Kostenreduktion liegt dabei in der Optimierung von unternehmensübergreifenden Logistikketten nach der Philosophie des Lean Managements.

Aus Gründen einer ganzheitlichen Betrachtungsweise und maximalen Potentialausschöpfung ist es jedoch essentiell, den Fokus nicht ausschließlich auf die Erzielung effektiver und effizienter Einzelprozesse in einer Logistikkette zu richten. Von entscheidender Bedeutung ist darüber hinaus die Fragestellung, wie es gelingen kann, diese Prozesse über entsprechende Schnittstellen möglichst kundenorientiert und ressourcenarm miteinander zu verbinden. Da zwischen zwei Logistikprozessen neben Gütern gleichermaßen Informationen und personelle Verantwortlichkeiten übertragen werden können, ergeben sich als Handlungsfelder sowohl physische als auch informationelle und menschliche Prozessschnittstellen.

Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit liefert als Ergebnis ein Vorgehensmodell, anhand dessen sich Prozessschnittstellen aller Art in strukturierter Form erfassen, analysieren und nach schlanken Gesichtspunkten gestalten lassen. Dazu müssen in einem ersten Schritt die charakteristischen Eigenschaften einer schlanken Schnittstelle fixiert werden. Auf jener Basis können anschließend Strategien und Prinzipien abgeleitet werden, die das theoretische Fundament für die Optimierung von Schnittstellen bilden. Deren Operationalisierung erfolgt über das Aufzeigen von konkreten Handlungsempfehlungen für das automobiler Alltagsgeschäft.

Die praktische Relevanz des Vorgehensmodells wird durch dessen Anwendung auf ein Fallbeispiel aus der Automobilindustrie nachgewiesen. Hierbei zeigt sich zum einen, dass mit Hilfe der eingesetzten Methoden und Werkzeuge zügig diejenigen aus einer Vielzahl an Schnittstellen selektiert werden können, welche mit Bezug auf den Gesamtprozess den dringlichsten Optimierungsbedarf aufweisen. Zum anderen wird eine zielgerichtete Maßnahmendefinition bei exemplarisch ausgewählten Schnittstellen deutlich.



# Abstract

The automotive industry is subject to a gradually intensifying cost pressure, which is not only due to the increasing worldwide competition. This circumstance can also be attributed to the fact that customers operate more cost-conscious and increase their product requirements at the same time. Therefore, all partners in an automotive value chain are facing the challenge to achieve cost savings in various areas without reducing customer benefits. An approved leverage to reduce costs is the optimization of enterprise-wide supply chains, according to the philosophy of lean management.

For the sake of a holistic approach and maximum exploitation of potentials it is essential not to focus exclusively on achieving effective and efficient individual processes in a supply chain. The question how to combine these processes customer-oriented and with little resources through appropriate interfaces is also crucially important. In addition to goods, information and personnel responsibilities can equally be transferred between two logistics processes. Therefore, physical, informational and human process interfaces arise as fields of action.

As a result, this doctoral thesis provides a process model, whereby process interfaces of all kinds can be registered, analyzed and designed according to lean aspects in a structured format. For this purpose, the characteristics of a lean interface have to be determined in a first step. On this basis, strategies and principles, which create the theoretical fundament for the optimization of interfaces, can be derived. Finally, the principles are operationalized by a demonstration of concrete recommendations for the automotive everyday business.

The practical relevance of the process model is verified by its application to a case study from the automotive industry. On the one hand, it is shown that the interfaces with the most urgent need for improvement referring to the whole process can be quickly selected from a variety by using certain methods and tools. On the other hand, a target-oriented definition of measures in exemplarily selected interfaces becomes clear.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b> .....	<b>III</b>
<b>Kurzdarstellung</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VII</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>XIX</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit.....	2
1.2 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit.....	3
<b>2 Logistikketten in der Automobilindustrie</b> .....	<b>7</b>
2.1 Status Quo in der Automobilindustrie.....	7
2.2 Spezifizierung des Betrachtungsgegenstandes .....	9
2.2.1 Definition einer Logistikkette .....	9
2.2.2 Elemente einer Logistikkette.....	10
2.3 Aktuelle Herausforderungen in automobilen Logistikketten.....	17
2.3.1 Marktseitige Entwicklungen und geänderte Kundenanforderungen .....	18
2.3.2 Reaktionen der Automobilindustrie auf den Wandel .....	21
2.4 Zukünftige Entwicklungstrends in der Automobil- und Logistikbranche .....	27
2.4.1 Entwicklungstrends nach Arthur D. Little .....	27
2.4.2 Entwicklungstrends nach der Europäischen Kommission.....	29
2.4.3 Entwicklungstrends nach KPMG.....	30
2.4.4 Entwicklungstrends nach PricewaterhouseCoopers .....	31
2.4.5 Entwicklungstrends nach dem VDI .....	32
2.4.6 Entwicklungstrends nach Deutsche Post DHL.....	34
2.4.7 Zusammenfassung der Entwicklungstrends .....	36
2.5 Fazit .....	37
<b>3 Stand der Wissenschaft und Praxis</b> .....	<b>39</b>
3.1 Lean Management als Philosophie für effektive und effiziente Prozesse .....	39
3.1.1 Das schlanke Produktionssystem .....	40

3.1.2	Entwicklung des schlanken Produktionssystems .....	45
3.1.3	Elemente des Toyota-Produktionssystems .....	47
3.1.4	Begriffstransformation von Lean Production zu Lean Management .....	53
3.2	Schlanke Logistik .....	55
3.2.1	Definition und Ziele einer schlanken Logistik .....	56
3.2.2	Prinzipien einer schlanken Logistik .....	58
3.3	Fazit und Ableitung der Forschungslücke .....	68
<b>4</b>	<b>Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten.....</b>	<b>71</b>
4.1	Definition einer Prozessschnittstelle .....	72
4.2	Kategorisierung von Prozessschnittstellen .....	74
4.2.1	Physische Prozessschnittstellen .....	76
4.2.2	Informationelle Prozessschnittstellen .....	81
4.2.3	Menschliche Prozessschnittstellen .....	87
4.3	Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen .....	92
4.3.1	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Transportieren .....	95
4.3.2	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Fördern .....	96
4.3.3	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Puffern .....	98
4.3.4	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Lagern.....	101
4.3.5	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Sammeln.....	103
4.3.6	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Verteilen.....	105
4.3.7	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Kommissionieren .....	107
4.3.8	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Sortieren .....	109
4.3.9	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Ver- bzw. Entpacken .....	112
4.3.10	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Prüfen .....	114
4.3.11	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Bearbeiten .....	117
4.3.12	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Buchen.....	119
4.3.13	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Etikettieren .....	121
4.3.14	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Auftrag erzeugen .....	124
4.3.15	Potentielle Logistikfunktionen nach dem Dokumentieren .....	127
4.4	Prozessschnittstelle versus Schnittstellenprozess .....	130
4.5	Definition eines schlanken Schnittstellenprozesses .....	134
4.5.1	Verschwendungspotentiale bei physischen Schnittstellen .....	135
4.5.2	Verschwendungspotentiale bei informationellen Schnittstellen .....	137
4.5.3	Verschwendungspotentiale bei menschlichen Schnittstellen .....	139
4.5.4	Eigenschaften eines schlanken Schnittstellenprozesses .....	141

4.6	Strategien und Prinzipien schlanker Schnittstellenprozesse .....	144
4.7	Fazit .....	155
<b>5</b>	<b>Handlungsempfehlungen für schlanke Schnittstellenprozesse .....</b>	<b>159</b>
5.1	Praxislösungen für schlanke physische Schnittstellenprozesse durch Prinzipienanwendung .....	159
5.1.1	Lösungsansätze nach dem Prinzip Ganzheitlichkeit .....	161
5.1.2	Lösungsansätze nach dem Prinzip Integration .....	164
5.1.3	Lösungsansätze nach dem Prinzip Mitarbeiter .....	169
5.1.4	Lösungsansätze nach dem Prinzip Ordnung und Sauberkeit ..	172
5.1.5	Lösungsansätze nach dem Prinzip Null Fehler .....	174
5.1.6	Lösungsansätze nach dem Prinzip Standardisierung .....	177
5.1.7	Lösungsansätze nach dem Prinzip ziehender Fluss .....	181
5.1.8	Lösungsansätze nach dem Prinzip Stabilität .....	183
5.1.9	Lösungsansätze nach dem Prinzip Synchronisation .....	185
5.1.10	Lösungsansätze nach dem Prinzip Ressourceneffizienz .....	187
5.1.11	Lösungsansätze nach dem Prinzip Langfristigkeit .....	191
5.1.12	Lösungsansätze nach dem Prinzip Perfektion .....	192
5.2	Fazit .....	196
<b>6</b>	<b>Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen .....</b>	<b>199</b>
6.1	Beschreibung des Vorgehensmodells zum schlanken Schnittstellendesign .....	199
6.1.1	Abbildung einer Logistikkette .....	203
6.1.2	Erfassung von Schnittstellen in einer Logistikkette .....	209
6.1.3	Gruppierung von Schnittstellen zu Optimierungsschleifen .....	211
6.1.4	Analyse und Bewertung von Schnittstellen .....	213
6.1.5	Identifikation von dringlichen Schnittstellen .....	219
6.1.6	Optimierung von Schnittstellen nach schlanken Gesichtspunkten .....	221
6.2	Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells am Fallbeispiel ..	223
6.2.1	Ausgangssituation im Fallbeispiel .....	224
6.2.2	Prozessaufnahme mit logistikorientierter Wertstromanalyse ...	228
6.2.3	Erfassung und Beschreibung von auftretenden Schnittstellen ..	230
6.2.4	Bildung und Bewertung von Optimierungsschleifen .....	234
6.2.5	Analyse und Bewertung von ausgewählten Schnittstellen .....	238
6.2.6	Optimierung von ausgewählten Schnittstellen .....	247

6.3 Fazit .....	254
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>257</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>263</b>
<b>Verzeichnis betreuter Studienarbeiten.....</b>	<b>279</b>
<b>Anhang A.....</b>	<b>283</b>
Entwicklung der zwölf Prinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses.....	283
<b>Anhang B .....</b>	<b>285</b>
Konstruktionsskizze eines durchgängigen Behälterkonzeptes.....	285
<b>Anhang C .....</b>	<b>287</b>
Datenblatt zur Wareneingangsschleife B .....	287
Datenblatt zur Lagerschleife C .....	288
Datenblatt zur Versorgungsschleife D.....	288
Datenblatt zur Montageschleife E .....	289
<b>Anhang D .....</b>	<b>291</b>
Bewertungsmatrix für die informationelle Schnittstelle I <sub>17</sub> .....	291
Bewertungsmatrix für die informationelle Schnittstelle I <sub>31</sub> .....	292
Bewertungsmatrix für die physische Schnittstelle P <sub>25</sub> .....	293

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Analogie zwischen Zahnrädern im Maschinenbau und Logistikprozessen.....	2
Abbildung 1-2: Inhaltlicher Aufbau der Dissertation.....	4
Abbildung 2-1: Aufbau einer Logistikkette mit ihren Subsystemen.....	9
Abbildung 2-2: Austausch von Material und Informationen zwischen zwei Prozessen (in Anlehnung an [Kuh-1995, S. 40]) .....	11
Abbildung 2-3: Strukturierung von Fördermitteln [Gün-2014a, S. 1-4].....	15
Abbildung 2-4: Strukturierung von Lagermitteln [Gün-2014a, S. 4-2].....	16
Abbildung 2-5: Aktuelle Entwicklungen in der Automobilindustrie .....	18
Abbildung 2-6: Struktur des BMW-Werkes am Standort Leipzig [Bau-2014, S. 42].....	26
Abbildung 2-7: Zusammenfassung zukünftiger Trends in der Automobil- und Logistikbranche .....	36
Abbildung 3-1: Bestandteile eines schlanken Produktionssystems .....	43
Abbildung 3-2: Das Toyota-Produktionssystem (in Anlehnung an [Lik-2007, S. 64ff.], [Ohn-2009, S. 35ff.] ....	48
Abbildung 3-3: Verständnis von Lean Management im Rahmen der Arbeit ...	55
Abbildung 3-4: Definition des Kundenwertes (in Anlehnung an [Dur-2013b, S. 45]) .....	60
Abbildung 3-5: Die sieben Arten der Verschwendung in der Logistik (in Anlehnung an [Dur-2013b, S. 46]) .....	61
Abbildung 3-6: Huppertz Lean Logistics System [Hup-2014] .....	66
Abbildung 4-1: Horizontale und vertikale Schnittstellen.....	73
Abbildung 4-2: Zustandsmodell für physische Schnittstellen .....	76
Abbildung 4-3: Strukturierung von physischen Schnittstellen .....	77
Abbildung 4-4: Referenzszenarien für manuelle physische Schnittstellen.....	79
Abbildung 4-5: Referenzszenarien für mechanisierte physische Schnittstellen .....	80
Abbildung 4-6: Referenzszenarien für automatisierte physische Schnittstellen .....	81

Abbildung 4-7: Überblick über verschiedene Typen von Informationsträgern (in Anlehnung an [Mar-2014, S. 505]).....	82
Abbildung 4-8: Zustandsmodell für informationelle Schnittstellen .....	83
Abbildung 4-9: Strukturierung von informationellen Schnittstellen.....	84
Abbildung 4-10: Referenzszenarien für manuelle informationelle Schnittstellen .....	85
Abbildung 4-11: Referenzszenarien für mechanisierte informationelle Schnittstellen .....	86
Abbildung 4-12: Referenzszenarien für automatisierte informationelle Schnittstellen .....	87
Abbildung 4-13: Zustandsmodell für menschliche Schnittstellen.....	88
Abbildung 4-14: Strukturierung von menschlichen Schnittstellen .....	89
Abbildung 4-15: Referenzszenarien für direkte menschliche Schnittstellen ....	90
Abbildung 4-16: Referenzszenarien für indirekte menschliche Schnittstellen...	91
Abbildung 4-17: Verwendete Logistikfunktionen im Rahmen der Dissertation .	93
Abbildung 4-18: Elektronische Informationsübergänge am Beispiel.....	97
Abbildung 4-19: Zusammenhang zwischen einem Nachschub- und Kommissionierauftrag.....	125
Abbildung 4-20: Elemente eines Umschlagvorganges .....	132
Abbildung 4-21: Zusammenhang zwischen Prozessschnittstelle und Schnittstellenprozess.....	134
Abbildung 4-22: Beispielhafte Probleme bei physischen Schnittstellenprozessen.....	137
Abbildung 4-23: Beispielhafte Probleme bei informationellen Schnittstellenprozessen.....	139
Abbildung 4-24: Beispielhafte Probleme bei menschlichen Schnittstellenprozessen.....	141
Abbildung 4-25: Merkmale eines schlanken Schnittstellenprozesses.....	142
Abbildung 4-26: Zwölf Oberprinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses.....	146
Abbildung 4-27: Mögliche Formen einer Prozessintegration .....	148
Abbildung 4-28: Ober- und Unterprinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses.....	155

Abbildung 4-29: Prinzipienanwendung bei den einzelnen Schnittstellenarten	157
Abbildung 5-1: Schnittstelleneliminierung mit Hilfe eines durchgängigen Behälterkonzeptes.....	163
Abbildung 5-2: Schnittstelleneliminierung durch Vorsortierung von Gütern..	164
Abbildung 5-3: Schnittstelleneliminierung durch Behälter mit integriertem Fahrwerk .....	165
Abbildung 5-4: Vorderansicht eines Systems mit mobilem Ladeboden [IBS-2014, S. 2] .....	167
Abbildung 5-5: Schnittstelleneliminierung durch mobilen Ladeboden.....	168
Abbildung 5-6: Shootersystem in der Materialbereitstellung [Czw-2010].....	169
Abbildung 5-7: Exemplarische Bodenmarkierungen und Beschriftungen [ONK-2007, S. 7ff.] .....	174
Abbildung 5-8: Zugriffsüberwachung mittels Laserscanner bei Kommissionierung [SAF-2014].....	176
Abbildung 5-9: Automatische Lkw-Verladeprozesse [Soc-2010, S. 1ff.].....	178
Abbildung 5-10: Schnittstelleneliminierung durch integrierte Fördertechnik auf Lkw .....	179
Abbildung 5-11: Mobiler, höhenverstellbarer Scherenhubtisch mit Rollenbahn [Han-2014].....	180
Abbildung 5-12: Fahrerloses Transportfahrzeug mit Unterfahrfunktion [S-E-2011, S. 2ff.].....	182
Abbildung 5-13: Rohrpostanlage in einem Krankenhaus [Sch-2010b, S. 1ff.]	183
Abbildung 5-14: Die acht Säulen von TPM (in Anlehnung an [Rei-2007, S. 45]) .....	184
Abbildung 5-15: Kupplungsarten bei Routenzugsystemen (in Anlehnung an [Jun-2006, S. E10f.].....	189
Abbildung 5-16: Flexibles Durchlaufregal (in Anlehnung an [SSI-2014, S. 7]) .....	192
Abbildung 5-17: Der Qualitätszirkel-Kreislauf (in Anlehnung an [Bah-2006, S. 11]) .....	194
Abbildung 6-1: Ablaufschritte des Vorgehensmodells zum schlanken Schnittstellendesign.....	201
Abbildung 6-2: Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse (in Anlehnung an [Knö-2013, S. 141]) .....	207

Abbildung 6-3:	Vorgehensschritte im Rahmen der logistikorientierten Wertstromanalyse (in Anlehnung an [Knö-2013, S. 143]).....	209
Abbildung 6-4:	Darstellung von Schnittstellen entlang einer Logistikkette....	210
Abbildung 6-5:	Dokumentationsblätter zur Beschreibung von Schnittstellen	211
Abbildung 6-6:	Datenblatt einer Optimierungsschleife.....	212
Abbildung 6-7:	Portfolio zur Strukturierung von Schnittstellen hinsichtlich ihrer Dringlichkeit.....	220
Abbildung 6-8:	Pyramide des schlanken Schnittstellendesigns.....	221
Abbildung 6-9:	Dokumentationsblatt zur Schnittstellenoptimierung .....	222
Abbildung 6-10:	Produktportfolio des Beispiel-Lieferanten .....	224
Abbildung 6-11:	Beschreibung der Logistikkette vom Modullieferanten X zum OEM Y .....	227
Abbildung 6-12:	Logistikorientierter Wertstrom vom Modullieferanten X zum OEM Y .....	229
Abbildung 6-13:	Schnittstellen entlang der Logistikkette vom Modullieferanten X zum OEM Y .....	231
Abbildung 6-14:	Aufteilung der Logistikkette in mehrere Optimierungsschleifen .....	236
Abbildung 6-15:	Datenblatt zur Lieferantenschleife A.....	237
Abbildung 6-16:	Kritikalitäts-Häufigkeits-Portfolio zu den behandelten Schnittstellen .....	248
Abbildung 6-17:	Dokumentationsblatt zur Optimierung der physischen Schnittstelle P <sub>10</sub> .....	250
Abbildung 6-18:	Dokumentationsblatt zur Optimierung der informationellen Schnittstelle I <sub>5</sub> .....	254

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Standardisierte Logistikfunktionen aus dem Forschungsprojekt LEAN:log ([Kle-2013b, S. 226ff.], [Knö-2013, S. 137ff.].....	13
Tabelle 3-1: Vergleich japanischer, amerikanischer und europäischer Automobilhersteller (in Anlehnung an [Pfe-1994, S. 9ff.], [Wom-1994, S. 97ff.].....	41
Tabelle 4-1: Beispielhafte Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen (1/2).....	94
Tabelle 4-2: Beispielhafte Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen (2/2).....	94
Tabelle 4-3: Typische logistische Schnittstellen nach dem Transportieren....	95
Tabelle 4-4: Typische logistische Schnittstellen nach dem Fördern .....	98
Tabelle 4-5: Typische logistische Schnittstellen nach dem Puffern .....	101
Tabelle 4-6: Typische logistische Schnittstellen nach dem Lagern.....	103
Tabelle 4-7: Typische logistische Schnittstellen nach dem Sammeln.....	105
Tabelle 4-8: Typische logistische Schnittstellen nach dem Verteilen.....	107
Tabelle 4-9: Typische logistische Schnittstellen nach dem Kommissionieren .....	109
Tabelle 4-10: Typische logistische Schnittstellen nach dem Sortieren .....	111
Tabelle 4-11: Typische logistische Schnittstellen nach dem Ver- bzw. Entpacken.....	114
Tabelle 4-12: Typische logistische Schnittstellen nach dem Prüfen .....	117
Tabelle 4-13: Typische logistische Schnittstellen nach dem Bearbeiten.....	119
Tabelle 4-14: Typische logistische Schnittstellen nach dem Buchen.....	121
Tabelle 4-15: Typische logistische Schnittstellen nach dem Etikettieren .....	124
Tabelle 4-16: Typische logistische Schnittstellen nach dem Auftrag erzeugen .....	127
Tabelle 4-17: Typische logistische Schnittstellen nach dem Dokumentieren.	130
Tabelle 5-1: Übersicht über beispielhafte Praxislösungen für physische Schnittstellen (1/2) .....	160
Tabelle 5-2: Übersicht über beispielhafte Praxislösungen für physische Schnittstellen (2/2) .....	161

Tabelle 5-3:	Faktoren zur Berechnung des Prämiensatzes [Ber-2008, S. 24].....	196
Tabelle 6-1:	Prozesskasten zur Logistikfunktion Transportieren (in Anlehnung an [Knö-2013, S. 140]).....	205
Tabelle 6-2:	Bewertungsmatrix für physische Schnittstellen .....	214
Tabelle 6-3:	Dokumentation und Beschreibung aller physischen Schnittstellen .....	232
Tabelle 6-4:	Dokumentation und Beschreibung aller informationellen Schnittstellen .....	233
Tabelle 6-5:	Dokumentation und Beschreibung aller menschlichen Schnittstellen .....	234
Tabelle 6-6:	Bewertungsmatrix für die physische Schnittstelle $P_{10}$ .....	240
Tabelle 6-7:	Bewertungsmatrix für die informationelle Schnittstelle $I_5$ .....	243
Tabelle 6-8:	Bewertungsmatrix für die menschliche Schnittstelle $M_1$ .....	246
Tabelle 6-9:	Bewertungsergebnis nach der Optimierung der informationellen Schnittstelle $I_5$ .....	252

# Abkürzungsverzeichnis

CKD	Completely Knocked Down
ConWIP	Constant Work-In-Process
EPC	Elektronischer Produktcode
ERP	Enterprise Resource Planning
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
FIFO	First-In-First-Out
FTF	Fahrerloses Transportfahrzeug
IMVP	International Motor Vehicle Program
JIS	Just-in-Sequence
JIT	Just-in-Time
KLT	Kleinladungsträger
LDL	Logistikdienstleister
LE	Ladeeinheit
Lkw	Lastkraftwagen
MDE	Mobile Datenerfassung
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MTBF	Mean time between failures
MTTR	Mean time to repair
OEM	Original Equipment Manufacturer
Pkw	Personenkraftwagen
RFID	Radio Frequency Identification
SLS	Staplerleitsystem
TPM	Total Productive Maintenance (bzw. Total Productive Management)
TPS	Toyota-Produktionssystem
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VV	Verbesserungsvorschlag
VZ	Versorgungszentrum
WA	Warenausgang
WE	Wareneingang
WLAN	Wireless Local Area Network
ZMS	Zeitfenstermanagementsystem



# 1 Einleitung

„Logistiktuning – Funktionieren wie ein Zahnrad“. Mit dieser Überschrift startet ein Artikel aus einer Getränke-Fachzeitschrift, der sich mit der starken Verzahnung von Logistiksystemen und Möglichkeiten zu deren effizienter Synchronisation befasst [Mei-2013, S. 28]. Auf den ersten Blick mag der Vergleich logistischer Abläufe mit Zahnrädern, die ineinander greifen, als durchaus abstrakt anmuten. Bei näherer Betrachtung der aufgestellten These lassen sich hingegen zahlreiche Parallelen zwischen der Logistik und einem Zahnradgetriebe erkennen.

Ein Zahnradgetriebe dient der schlupflosen Übertragung von Bewegungen und Leistungen. Die Harmonie eines Zahnradpaares wird jedoch durch eine Reihe an unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Beispielsweise können Schwingungen bei beginnendem Zahneingriff oder hohe Geräuschpegel entstehen. Eine wesentliche Rolle spielt zudem der sogenannte Überdeckungsgrad, welcher ein Maß für die durchschnittlich im Eingriff befindlichen Zahnpaare darstellt. Eine größere Überdeckung führt hierbei zu einer höheren Laufruhe. Um einen optimalen Kraftfluss zwischen zwei Zahnrädern realisieren zu können, bedarf es weiterhin eines guten Wirkungsgrades. Jener beschreibt die auftretenden Verluste im Rahmen der Leistungsübertragung und hängt unter anderem von der Getriebeart, der Anzahl an Zähnen, der Ölviskosität und der Flankengeometrie ab ([Bei-2001, S. G 122], [Rie-2012, S. 617], [Sch-2010a, S. 329ff.], [Ste-2012, S. 382]).

Analog zu Zahnrädern ist es auch für Logistikprozesse von hoher Bedeutung, dass sie in idealer Weise aufeinander abgestimmt sind, um an deren Übergängen reibungslose Abläufe sicherzustellen. Dort können ebenfalls Leistungsverluste zu Tage treten, die sich zwar nicht auf die Verschlechterung eines Wirkungsgrades niederschlagen, wohl aber zu einer Reduzierung der zu erbringenden logistischen Leistung beitragen können. So können beispielsweise physische Güter bei ihrer Übergabe an einen nachfolgenden Prozess beschädigt werden, weil keine entsprechenden Schutzvorkehrungen getroffen worden sind. Die entstandene Qualitätsminderung führt dazu, dass der Kunde am Ende einer Logistikkette eine Ware erhält, welche nicht seinen Erwartungen entspricht. Gleichermaßen können mangelhafte Abstimmungen an Prozessschnittstellen zeitliche Verzögerungen auslösen, die wiederum Verspätungen in den weiteren Abläufen hervorrufen können. Gerade in Zeiten, in denen die Anforderungen an die Logistik stetig zunehmen, gilt es derartige Szenarien zwingend zu vermeiden. Stattdessen werden Lösungen erwartet, welche dafür sorgen sollen, dass alle Logistikprozesse an ihren Schnittstellen

bestmöglich miteinander verzahnt sind. Abbildung 1-1 demonstriert diesen Sachverhalt nochmals in graphischer Form.

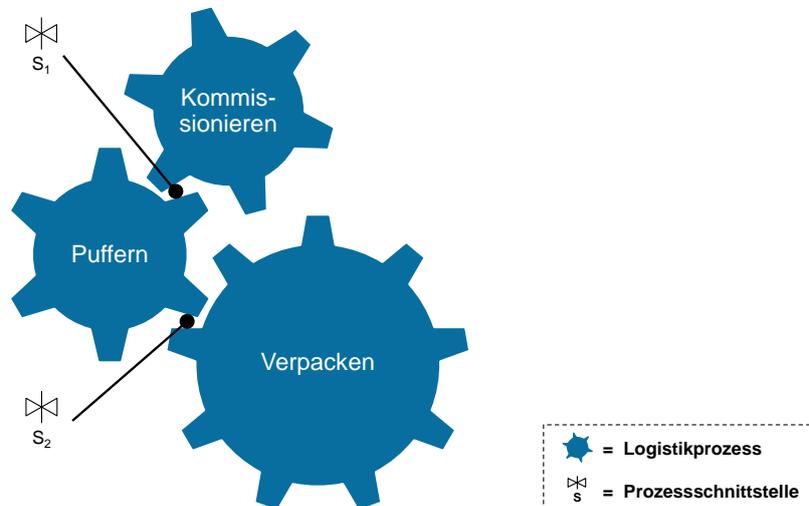


Abbildung 1-1: Analogie zwischen Zahnrädern im Maschinenbau und Logistikprozessen

### 1.1 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit

Der Forderung nach einer optimalen Verzahnung aller Prozesse entlang einer Logistikkette kann man in der industriellen Praxis vielfach nicht gerecht werden. Die Gründe hierfür sind vielfältig und lassen sich oftmals auf eine fehlende Abstimmung und Kommunikation unter den einzelnen Beteiligten an den Schnittstellen einer Wertschöpfung zurückführen. Deren Bedeutung ist allerdings essentiell, da sie einen wesentlichen Beitrag leisten zum Erfolg oder Misserfolg etwa eines logistischen Versorgungsprozesses. Trotzdem wird den Schnittstellen im Material- und Informationsfluss bis dato vergleichsweise wenig Beachtung geschenkt. Das Hauptaugenmerk wird bevorzugt auf die nicht selten isoliert stattfindende Auslegung und Dimensionierung der einzelnen Prozesse gerichtet, ohne sich dabei ausführlich mit Möglichkeiten zu deren intelligenter Verknüpfung auseinanderzusetzen.

Vor diesem Hintergrund wurde das Forschungsprojekt LEAN:log initiiert, welches im Zeitraum von Oktober 2009 bis September 2012 am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München durchgeführt wurde. Hierbei wurde die Erarbeitung von logistischen Lösungen zur Erzielung von Effizienzsteigerungen in automobilen Netzwerken fokussiert. Durch die Kooperation mit verschiedenen Partnern aus der Industrie konnten Ideen aus der Wissenschaft mit wertvollen Impulsen aus dem Praxisalltag kombiniert werden. Das Projekt gliederte sich in die vier Handlungsfelder „Fundament“, „Prozesse“, „Mensch“ und

„Technik“. Letzteres befasste sich explizit mit der Gestaltung von schlanken Prozessschnittstellen und bildete somit die thematische Grundlage für die vorliegende Dissertation (siehe [Gün-2012a]).

Die wesentliche Zielsetzung der Arbeit liegt zum einen darin, den Stellenwert der Schnittstellenplanung und -optimierung zu erhöhen und zugleich zu sensibilisieren hinsichtlich der Vielzahl an oftmals versteckten Potentialen, die sich in den Schnittstellen einer automobilen Logistikkette verbergen. Auf der anderen Seite gilt es eine Methodik zu entwickeln sowie entsprechende Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, welche sich in strukturierter Form auf Prozessübergänge konzentrieren. Eine entscheidende Rolle wird die Schaffung eines ganzheitlichen Ansatzes einnehmen, der den Logistikplaner nicht nur punktuell, sondern in allen Phasen eines schlanken Schnittstellendesigns unterstützen soll. Denn nur auf diese Weise wird es gelingen, die intensive Betrachtung von Schnittstellen als Kernelement bei der Planung und Optimierung von logistischen Prozessketten zu etablieren. Dadurch lassen sich im Endeffekt Wettbewerbsvorteile generieren mit Blick auf die immer komplexeren Aufgabenstellungen in der Logistik.

### **1.2 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit**

Um bei der Erfüllung der dargelegten Ziele wissenschaftlich fundiert zu operieren, ohne dabei den Praxisbezug zu vernachlässigen, wurde im Rahmen der Dissertation das in Abbildung 1-2 dargestellte Vorgehen gewählt. Demnach erfolgt die Erarbeitung der Forschungsergebnisse in fünf Hauptschritten, denen jeweils ein separates Kapitel gewidmet wird.



**Abbildung 1-2: Inhaltlicher Aufbau der Dissertation**

In **Kapitel 2** wird der thematische Hintergrund dieser Arbeit beleuchtet, indem zum einen der Status Quo der Automobilindustrie aufgezeigt wird und auf der anderen Seite logistische Prozessketten definiert und allgemein beschrieben werden. Als nächstes wird durch die Kombination beider Aspekte der Betrachtungsgegenstand näher spezifiziert, indem aktuelle Herausforderungen in automobilen Logistikketten sowie zukünftige Trends in der Automobil- und Logistikbranche erörtert werden.

Auf die Darlegung des Untersuchungsbereiches folgt in **Kapitel 3** ein Überblick über den derzeitigen Stand von Wissenschaft und Praxis in Bezug auf das optimale Design von Logistikketten in der Automobilindustrie. Dabei wird zunächst auf die historische Entwicklung des Lean Managements eingegangen, dessen Philosophie als fundamentale Basis für effektive und effiziente Prozesse gilt. Anschließend findet eine Fokussierung auf das Gebiet von Lean Logistics statt, worunter ein spezifischer Ansatz zur Schaffung von kundenorientierten und verschwendungsfreien Logistikprozessen zu verstehen ist. Neben den Zielen werden ebenso verschiedene Strategien einer schlanken Logistik diskutiert. Am Ende des Kapitels wird ein bestehender Forschungsbedarf bei der Planung und Gestaltung von automobilen Logistikketten identifiziert, welcher sich auf bis dato nicht ausgeschöpfte Potentiale im

Bereich des Schnittstellenmanagements bezieht. Mit der Ableitung der Forschungslücke wird zugleich die Legitimation für die vorliegende Dissertation geschaffen.

Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wird sich in **Kapitel 4** ausführlich den Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten gewidmet, wodurch das Betrachtungsfeld der Arbeit weiter eingegrenzt wird. Als Erstes gilt es deren Bedeutung herauszuarbeiten, bevor eine Differenzierung von Schnittstellen in die Kategorien physisch, informationell sowie menschlich vorgenommen wird. Auf eine allgemeine Beschreibung der drei Schnittstellenarten folgen konkrete Beispiele aus der Automobillogistik. Weiterhin wird in diesem Abschnitt der Begriff des Schnittstellenprozesses erläutert, welcher zur Überwindung einer Schnittstelle erforderlich ist. In gleichem Zuge werden zahlreiche Probleme bei der Abwicklung jener Prozesse offengelegt. Darauf aufbauend wird ein Eigenschaftsprofil erstellt, das zur Charakterisierung schlanker Schnittstellenprozesse dient. Zu deren Realisierung werden ferner entsprechende Strategien und Prinzipien festgelegt.

Nachdem das vierte Kapitel in erster Linie theoretische Ansätze auf dem Weg zu schlanken Schnittstellenprozessen geliefert hat, werden in **Kapitel 5** konkrete Handlungsempfehlungen für physische Schnittstellen gesammelt. Die aus dem Praxisalltag stammenden Lösungen orientieren sich dabei an den vorab definierten Prinzipien und sollen zu deren Verdeutlichung beitragen.

Unter Einbindung der Ergebnisse aus dem vierten und fünften Kapitel wird in **Kapitel 6** ein Vorgehensmodell entwickelt, welches sämtliche Phasen beginnend bei der Identifikation über die Analyse und Bewertung bis hin zur Optimierung von Schnittstellen umfasst. Jenes fungiert als methodisch geführter Leitfaden, der den Planer in Kombination mit entsprechend entworfenen Werkzeugen beim Design von schlanken Schnittstellenprozessen unterstützen soll. Das gesamte Vorgehen wird nach dessen Vorstellung auf ein Fallbeispiel aus der Automobilindustrie angewandt und in diesem Zuge validiert.

Abschließend erfolgt in **Kapitel 7** eine Zusammenfassung der Arbeit sowie der erzielten wissenschaftlichen Resultate. Zudem wird ein Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf gewährt.



## **2 Logistikketten in der Automobilindustrie**

Die vorliegende Dissertation befasst sich mit der Gestaltung von schlanken Prozessschnittstellen innerhalb von automobilen Logistikketten. Um die Arbeit inhaltlich einzuordnen und eine Sensibilisierung für das thematische Umfeld zu erzeugen, wird in Abschnitt 2.1 zunächst die Automobilbranche anhand aktueller Zahlen und Entwicklungen vorgestellt. Als nächstes wird der Untersuchungsgegenstand der Dissertation weiter eingegrenzt, indem eine Fokussierung auf logistische Abläufe vorgenommen wird. Zu diesem Zweck wird in Abschnitt 2.2 der Begriff einer Logistikkette definiert und deren wesentliche Prozesse näher beschrieben. Während die Automobilindustrie und die Logistik anfänglich noch allgemein und isoliert voneinander behandelt werden, erfolgt in Abschnitt 2.3 eine kombinierte Betrachtung. Dabei werden zum einen Herausforderungen untersucht, die es gegenwärtig in automobilen Logistikketten anzugehen gilt. Zu deren Bewältigung werden auf der anderen Seite entsprechende Ansatzpunkte aufgezeigt. Nicht außer Acht gelassen werden soll zudem die perspektivische Entwicklung automobiler Logistikketten. Deshalb wird in Abschnitt 2.4 ein Vergleich von sechs Trendstudien durchgeführt, worin mögliche Zukunftsszenarien skizziert werden.

Zur weiteren Heranführung an die Aufgabenstellung dieser Arbeit wird anschließend in Kapitel 3 ein Grundverständnis für eine schlanke Logistik generiert, bevor sich in Kapitel 4 ausführlich mit logistischen Schnittstellen in der Automobilindustrie auseinandergesetzt wird.

### **2.1 Status Quo in der Automobilindustrie**

Die Automobilindustrie zählt weltweit zu den Schlüsselbranchen und steht dabei für wirtschaftliche Entwicklung, Umsetzung von Innovationen sowie Beschäftigung [Klu-2010, S. V]. Jährlich werden bei der Präsentation von Absatz- und Umsatzzahlen neue Rekorde gebrochen, wie ein Blick in den Jahresbericht 2013 des Verbandes der Automobilindustrie bestätigt. Demzufolge hat im Jahr 2012 der globale Pkw-Absatz mit 69,1 Mio. Neuzulassungen eine neue Bestmarke erreicht [VDA-2013, S. 17]. Zu den aktuell führenden Automobilherstellern zählen General Motors, Toyota, Volkswagen, Ford und Nissan [Ern-2013, S. 18].

Die Entwicklung in den drei Leitmärkten Westeuropa, USA und China verläuft dabei in unterschiedliche Richtungen. Während sich die Absatzmärkte in China (über 13 Mio. Pkw) und den USA (7,24 Mio. Pkw) weiterhin als sehr stark präsentieren, verzeichnete Westeuropa 2012 eine rückläufige Pkw-Nachfrage mit insgesamt 11,8

Mio. verkauften Fahrzeugen. Die Absatzrückgänge lassen sich zum einen auf die aktuell vorherrschende Schuldenkrise in Europa zurückführen und zum anderen auf länderspezifische Entwicklungen. In Frankreich galten die auslaufende Abwrackprämie sowie der stark wachsende Druck auf die französische Volkswirtschaft als Hauptursachen für den Einbruch des Pkw-Marktes. Die Situation auf dem italienischen Markt war gekennzeichnet durch drastische Sparmaßnahmen, eine hohe Verunsicherung und steigende Nutzungskosten. Mit knapp 3,1 Mio. neu zugelassenen Pkw hatte auch Deutschland Absatzeinbußen zu verzeichnen, zeigte sich jedoch robuster als der gesamte westeuropäische Markt. Die deutschen Konzernmarken konnten dabei einen Marktanteil von annähernd 71 Prozent im Inland verbuchen.

Trotz der gesunkenen Absatzzahlen erreichte die deutsche Automobilindustrie 2012 einen neuen Umsatzhöchstwert in Höhe von rund 357 Mrd. Euro. Davon entfielen etwa 128 Mrd. Euro auf den Inlandsumsatz, wohingegen ein Erlös von 229 Mrd. Euro auf den ausländischen Märkten erzielt wurde. Die Hersteller von Pkw und Nutzfahrzeugen als stärkste Herstellergruppe erwirtschafteten dabei mit rund 280 Mrd. Euro den größten Anteil am automobilen Gesamtumsatz. Die deutschen Zulieferer steuerten zusätzlich einen Umsatz von 68,4 Mrd. Euro bei.

Der neuerliche Umsatzrekord basiert auf einem weltweiten Produktionsvolumen der deutschen Pkw-Hersteller von 13,6 Mio. Fahrzeugen im Jahr 2012. Im Inland wurden dabei 5,4 Mio. Pkw hergestellt, wobei 4,1 Mio. Einheiten anschließend den Weg ins Ausland fanden. Dies entspricht einer Exportquote von 77 Prozent. Die zunehmende Bedeutung des Auslandes sowie der Auslandsaktivitäten zeigt sich auch darin, dass die Auslandsproduktion der deutschen Hersteller mit aktuell 8,2 Mio. Fahrzeugen die heimische Fertigung überflügelt hat. Die Gründe hierfür sind vielfältig und reichen von kürzeren Transportwegen über die Verringerung von Importzöllen bis hin zur Entwicklung maßgeschneiderter Modelle für die Wachstumsmärkte vor Ort. Die Zulieferung von Teilen oder Teilesätzen erfolgt allerdings meist weiter aus Deutschland. Die internationale Ausrichtung der deutschen Automobilindustrie wird ebenso bei einem Blick auf die Produktionsstandorte in mittlerweile über 70 Ländern deutlich.

Die hohen erzielten Umsätze in der deutschen Automobilindustrie hatten auch positive Auswirkungen auf die Beschäftigungszahlen. In 2012 wurde ein Beschäftigungszuwachs registriert mit dem Ergebnis, dass aktuell 742.200 Mitarbeiter in der Automobilbranche tätig sind [VDA-2013, S. 13ff.].

## 2.2 Spezifizierung des Betrachtungsgegenstandes

Nachdem mit der Automobilindustrie der inhaltliche Rahmen vorgestellt wurde, in dem sich die Dissertation bewegt, soll in diesem Abschnitt der Betrachtungsgegenstand weiter spezifiziert werden. Aufgrund der Fokussierung auf automobiler Logistikketten werden jene anschließend zunächst allgemein definiert, bevor näher auf ihre Einzelelemente in Form von unterschiedlichen Logistikfunktionen eingegangen wird.

### 2.2.1 Definition einer Logistikkette

Bei der begrifflichen Definition einer Logistikkette herrscht in der Literatur größtenteils ein einheitliches Verständnis. Arnold et al. beschreiben sie als logistisches System eines Industrieunternehmens. Dieses setzt sich – analog der Auffassung von Koether – aus den Subsystemen Beschaffungs-, Produktions-, Distributions- und Entsorgungslogistik zusammen. Während die Aufgabe der Beschaffungslogistik darin liegt, den Fluss von den Lieferanten bis ins Rohwarenlager des Herstellers sicherzustellen, umfasst die Produktionslogistik sämtliche Tätigkeiten von dort bis zum Lager der Endprodukte. Deren Auslieferung an die Kunden ist Gegenstand der Distributionslogistik. Darüber hinaus beschäftigt sich die Entsorgungslogistik mit der Gestaltung und Steuerung der Abfallflüsse. Abbildung 2-1 fasst den Aufbau einer Logistikkette zusammen ([Arn-2008, S. 4f.], [Koe-2008, S. 31]). In ähnlicher Weise äußern sich Pfohl et al., indem sie von einer „Gestaltung der Logistikkette in Form unternehmensübergreifender Logistiksysteme“ [Pfo-1994, S. 203] sprechen.

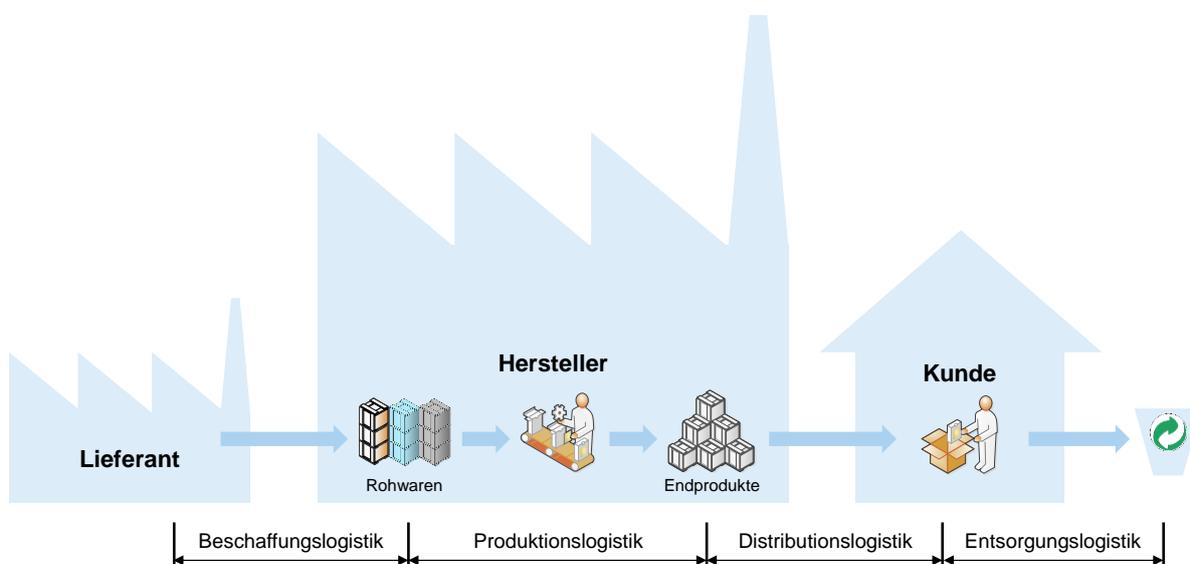


Abbildung 2-1: Aufbau einer Logistikkette mit ihren Subsystemen

Kuhn sieht Logistikketten in erster Linie als Prozessketten mit zahlreichen Kunden-Lieferanten-Beziehungen, wobei jede Kette beim Kunden beginnt und dort auch wieder endet. Der Kunde liefert zunächst Informationen über seinen Bedarf, um zu einem späteren Zeitpunkt die Lieferung von Material und Informationen zu erwarten [Kuh-1995, S. 39f.]. Ehrmann stellt außerdem die starke Vernetzung einer Logistikkette heraus, welche durch eine enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen internen sowie externen Kunden und Lieferanten gekennzeichnet ist [Ehr-2003, S. 31].

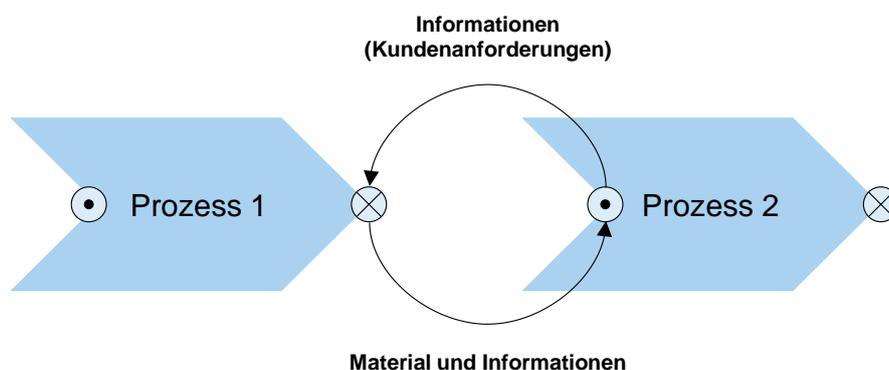
Differenzierte Meinungen gibt es allerdings bei der Abgrenzung des Betrachtungsumfangs einer Logistikkette. Koether, Pfohl et al., Kuhn, Ehrmann sowie Wildemann vertreten den Standpunkt, dass eine Logistikkette sowohl den physischen Materialfluss als auch den komplementären Informationsfluss beinhaltet ([Koe-2008, S. 31], [Pfo-1994, S. 131], [Kuh-1995, S. 39f.], [Ehr-2003, S. 31f.], [Wil-1997, S. 7f.]). Letzterer ist verantwortlich für die strategische Gestaltung der Logistikkette sowie die Lenkung des Materialflusses. Dazu bedarf es Informationen, die dem Materialfluss vorausereilen, ihn begleiten und ihm nachfolgen [Ehr-2003, S. 32]. Dagegen wird eine Logistikkette nach Gudehus ausschließlich von materiellen Objekten durchlaufen und durch eine Auftragskette ausgelöst. Eine Informationskette fungiert hierbei lediglich als Begleiter der Logistikkette [Gud-2000, S. 28]. Aufgrund der engen Verzahnung und des Anspruchs einer ganzheitlichen Sichtweise werden Material- und Informationsflüsse im Rahmen dieser Arbeit integriert betrachtet.

In der Literatur sowie im weiteren Verlauf der Forschungsarbeit werden die Begriffe „Logistikkette“, „Prozesskette“, „Wertschöpfungskette“ und „Supply Chain“ synonym verwendet.

### **2.2.2 Elemente einer Logistikkette**

Eine Logistikkette setzt sich nach Kuhn aus verschiedenen Prozessen zusammen, welche spezifische Veränderungen an Objekten vornehmen. Er unterscheidet in diesem Zusammenhang die Elementarprozesse Bearbeiten, Prüfen, Transportieren und Puffern bzw. Lagern. Während der Bearbeitungsprozess als wertschöpfend eingestuft wird, werden die übrigen Tätigkeiten als ressourcenverschwendend angesehen, welche nur einen Gebrauchswert erzeugen. Zwischen den einzelnen Prozessen werden Informationen und Materialien ausgetauscht. Sie nehmen dabei sowohl die Kunden- als auch Lieferantenrolle ein. Ein Prozess kann zunächst ein Lieferant von Informationen zum Beispiel in Form einer Bestellung sein, indem er

seine individuellen Anforderungen kommuniziert. Anschließend wechselt er in die Kundenposition und nimmt die bestellte Materialsendung zusammen mit einem Lieferschein als begleitender Information in Empfang [Kuh-1995, S. 39ff.]. Das beschriebene Austauschzenario wird in Abbildung 2-2 verdeutlicht.



**Abbildung 2-2: Austausch von Material und Informationen zwischen zwei Prozessen  
(in Anlehnung an [Kuh-1995, S. 40])**

Eine deutlich umfassendere und differenziertere Betrachtung wählt Günthner für die Beschreibung von Prozessketten. Als Funktionen der physischen Logistik führt er das Fördern, Transportieren, Verteilen, Sortieren, Zusammenführen, Kommissionieren, Puffern, Lagern, Speichern sowie Handhaben (zum Beispiel Prüfen, Bewegen oder Palettieren) an [Gün-2014b, S. 4-1ff.].

Auch andere Autoren in der Fachliteratur fassen das Spektrum an logistischen Prozessen etwas weiter. Arnold et al. zählen hierzu neben dem Transport, der Lagerung, dem Umschlag, der Kommissionierung und der Verpackung auch die IK-Prozesse. Zusätzlich beziehen sie Produktionsprozesse mit in die Logistik ein wegen ihrer zentralen Stellung im Materialfluss [Arn-2008, S. 4ff.]. Diesem Grundgedanken folgt auch Ehrmann, indem er sowohl innerbetriebliche Transport-, Lager- und Umschlagvorgänge als auch Produktions-, Beschaffungs- und Warenverteilungsprozesse als Bestandteile einer Logistikkette sieht [Ehr-2003, S. 31].

Gudehus wiederum zählt lediglich den Transport, das Umschlagen, das Lagern sowie das Kommissionieren zu den Funktionen der Logistik. Verfahrenstechnische Prozesse zur Gewinnung, Erzeugung, Herstellung, Abfüllung und Verpackung werden hingegen nicht als Logistiktätigkeiten umschrieben [Gud-2000, S. 8]. Über eine ähnliche Sichtweise verfügen Großmann et al. Sie trennen Arbeitsprozesse in die beiden gleichrangigen Gruppen Stoffwandlung und Stoffbereitstellung. Erstere beinhalten Gewinnungs-, Bearbeitungs- und Verarbeitungsprozesse, wohingegen un-

ter die Stoffbereitstellung sämtliche Lagerungs-, Transport-, Umschlag-, Sammel-, Verteil-, Sortimentier- und Sortierprozesse fallen [Gro-1989, S. 12].

Basierend auf dem in der Literatur vorherrschenden Logistikverständnis wurden im Forschungsprojekt LEAN:log standardisierte Logistikfunktionen abgeleitet zur Überbrückung der auftretenden Differenzen von Ort, Zeit, Menge und Sorte innerhalb einer logistischen Aufgabenstellung. Demzufolge werden räumliche Distanzen durch Transport- bzw. Fördervorgänge überwunden und zeitliche Transformationen über das Puffern bzw. Lagern von Gütern bewerkstelligt. Mengenänderungen werden über die Funktionen Sammeln und Verteilen realisiert, sofern es sich um Güter der gleichen Sorte handelt. Bei unterschiedlichen Sorten lauten die entsprechend erforderlichen Funktionen Kommissionieren und Sortieren. Als weitere materialflussbezogene Standardprozesse werden das Ver- bzw. Entpacken sowie das Prüfen unterschieden. In beiden Fällen rückt eine Erhöhung der Produkt- bzw. Prozessqualität in den Vordergrund. Zur Abwicklung des Informationsflusses dienen die Grundfunktionen Buchen, Etikettieren, Auftrag erzeugen, Dokumentieren und Information übermitteln ([Kle-2013b, S. 225ff.], [Knö-2013, S. 136ff.]). Tabelle 2-1 fasst die im Projekt LEAN:log verwendeten Logistikfunktionen nochmals zusammen. Diese bilden die Grundlage für die anschließenden Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit und werden in Kapitel 4.3 ausführlich anhand von Praxisbeispielen beschrieben. Die wesentlichen Funktionen werden nachfolgend bereits kurz dargelegt. Es sei noch angemerkt, dass die Begriffe „Logistikprozess“ und „Logistikfunktion“ fortan als Synonyme anzusehen sind.

## 2.2 Spezifizierung des Betrachtungsgegenstandes

Transformationsart	Logistische Grundfunktion	Vorher	Nachher
Räumliche Transformation	Transportieren (außerbetrieblich)		$\Delta s \uparrow$
	Fördern (innerbetrieblich)		$\Delta s \downarrow$
Zeitliche Transformation	Puffern (kurze Zeit)		$\Delta t \downarrow$
	Lagern (lange Zeit)		$\Delta t \uparrow$
Mengenmäßige Transformation	Sammeln		
	Verteilen		
Sortenmäßige Transformation	Kommissionieren		
	Sortieren		
Qualitative Transformation	Verpacken/Entpacken		
	Prüfen (Menge, Qualität, Informationen)		
Informatorische Transformation	Buchen		
	Etikettieren		
	Auftrag erzeugen		
	Dokumentieren		
	Information übermitteln		

Tabelle 2-1: Standardisierte Logistikfunktionen aus dem Forschungsprojekt LEAN:log ([Kle-2013b, S. 226ff.], [Knö-2013, S. 137ff.])

Das **Transportieren** beschreibt ganz allgemein „die Ortsveränderung von Personen und/ oder Gütern mit manuellen oder mit technischen Mitteln“ [DIN-1989b, S. 3]. Man unterscheidet dabei in außer- und innerbetriebliche Transporte. Erstere stellen den Güterfluss von den Lieferanten zum Hersteller sowie von dort weiter zu den Händlern bzw. Endkunden sicher. Zusätzlich können außerbetriebliche Transporte zwischen unterschiedlichen Betriebsstandorten eines Unternehmens und im Rahmen der Entsorgungslogistik erfolgen. Zur Bewältigung der Güterbewegungen steht eine Reihe an Verkehrsträgern mit zahlreichen Transportmitteln zur Verfügung:

- Straßengüterverkehr: zum Beispiel Kraftfahrzeuge wie Lkw oder Pkw
- Schienengüterverkehr: zum Beispiel Eisenbahn
- Binnenschiffsverkehr: zum Beispiel Binnenschiff
- Seefrachtverkehr: zum Beispiel Seeschiff
- Luftfrachtverkehr: zum Beispiel Flugzeug

Die Transportketten können eine unterschiedliche Komplexität aufweisen. Im einfachsten Fall liegt eine eingliedrige Kette vor, bei der Sender und Empfänger in Form eines Punkt-zu-Punkt-Transportes miteinander verknüpft sind. Hierbei kommt lediglich ein Transportmittel zum Einsatz. Bei mehrgliedrigen Transportketten dagegen wird der Gütertransfer über mehrere Transportmittel abgewickelt. Dies kann wiederum auf zwei Arten geschehen, indem entweder innerhalb einer Ladeinheit umgeladen wird (gebrochener Verkehr) oder die Güter als feste Ladeinheit bewegt werden (kombinierter Verkehr). Bei Letzterem differenziert man weiter in einen intramodalen Verkehr, sofern nur ein Verkehrsträger entlang der Transportkette auftritt, und einen intermodalen Verkehr bei Beteiligung mehrerer Verkehrsträger ([Arn-2008, S. 6], [Sch-2005, S. 147ff.]).

Innerbetriebliche Transporte, welche auch als **Fördervorgänge** bezeichnet werden, können zwischen verschiedenen Produktionsstellen, Lagern sowie dem Wareneingang bzw. -ausgang auftreten [Arn-2008, S. 6]. Die verwendeten Fördermittel lassen sich dabei nach Günthner in fünf übergeordnete Gruppen einteilen (siehe Abbildung 2-3). Unter den Hebezeugen als erste Kategorie werden sowohl Krane als auch Serienhebezeuge wie etwa Flaschenzüge oder Hebebühnen zusammengefasst. Eine zweite Gruppe beinhaltet sämtliche Stetigförderer, welche ein Fördergut

auf einem festgelegten Förderweg entweder stetig, mit wechselnder Geschwindigkeit oder im Takt bewegen. Jene lassen sich wiederum in mechanische, pneumatische und hydraulische Förderer differenzieren. Alternativ dazu kann – abhängig von der Art des Fördergutes – eine Unterteilung in Stückgut- sowie Schüttgutförderer vorgenommen werden. Die nächste Oberkategorie bilden Flurförderer, die in einer feineren Detaillierung nochmals in gleislose und gleisgebundene Förderer unterschieden werden. Fördervorgänge können ferner im Bereich der Lagertechnik in Erscheinung treten. Denkbar ist zum Beispiel die Bewegung von Gütern in einer Lagereinrichtung, wie dies in einem Durchlauf- oder Umlaufregal zu beobachten ist. Auch im Rahmen der Lagerbedienug können Fördermittel wie etwa ein Regalförderzeug zum Einsatz kommen. Gleiches trifft für die Kommissionier- und Steuerungstechnik zu. In einer fünften Gruppe werden Sondergebiete der Fördertechnik behandelt. Hierzu zählen unter anderem Aufzüge, Seilbahnen, Be- bzw. Entladeequipment sowie Handhabungsgeräte [Gün-2014a, S. 1-4ff.].

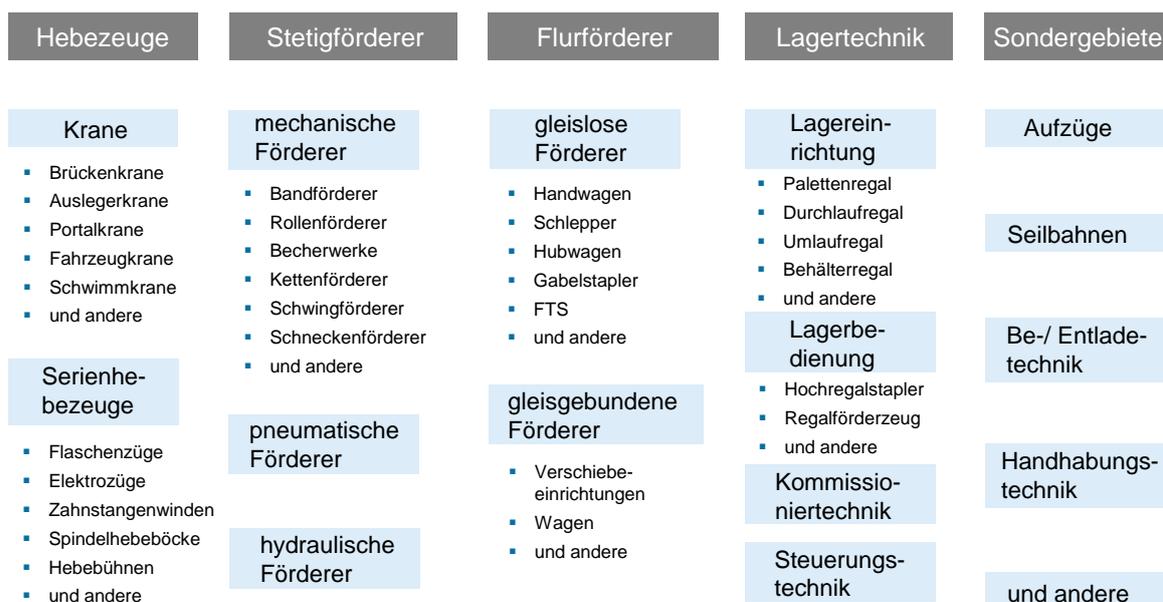
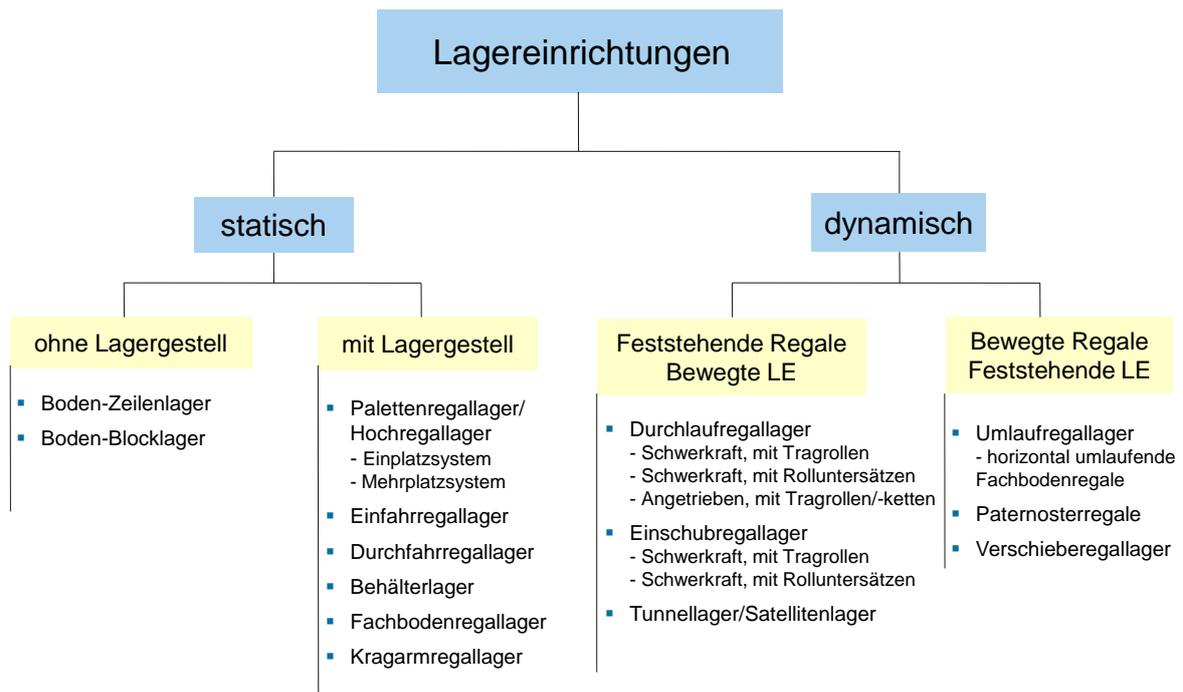


Abbildung 2-3: Strukturierung von Fördermitteln [Gün-2014a, S. 1-4]

Neben dem Transportieren und Fördern von Gütern spielen in der Logistik insbesondere Puffer und Lager eine entscheidende Rolle. Unter einem **Puffern** versteht man „das Bereithalten eines möglichst geringen Arbeitsvorrats eines oder weniger Artikel für die Produktion, Verarbeitung oder Abfertigung. (...) Die Liegezeit des Materials oder des einzelnen Warenstücks ist relativ kurz“ [Gud-2000, S. 271]. Im Gegensatz dazu beschreibt ein **Lagern** „das Bevorraten der Bestände einer größeren Anzahl von Artikeln oder eines breiten Sortiments mit länger anhaltendem Bedarf.“

(...) Die Lagerdauer der einzelnen Verbrauchseinheit ist relativ lang“ [Gud-2000, S. 273]. Das beschriebene Bereithalten bzw. Bevorraten von Gütern kann über zahlreiche Lagermittel erfolgen, für welche sich nach Günthner ein zweistufiges Einteilungsverfahren empfiehlt. In einem ersten Schritt wird überprüft, ob eine statische oder dynamische Lagerung vorliegt. Bei Ersterer werden die Güter vom Zeitpunkt der Einlagerung bis zu deren Auslagerung nicht mehr bewegt. Je nachdem, ob ein Lagergestell eingesetzt wird, lassen sich hierbei zwei Ausprägungsformen erkennen. Charakteristisch für eine dynamische Lagerung ist hingegen die Tatsache, dass es bei den Gütern vor der Auslagerung zu einer Positionsveränderung kommt. Dies kann zum einen dadurch geschehen, dass sich die Ladeeinheiten (LE) bewegen, während die Regale feststehen. Auf der anderen Seite ist ebenso eine Bewegung der Regale bei gleichzeitig feststehenden Ladeeinheiten möglich. Abbildung 2-4 strukturiert in der Praxis gängige Lagereinrichtungen gemäß der aufgezeigten Systematik [Gün-2014a, S. 4-1ff.].



**Abbildung 2-4: Strukturierung von Lagermitteln [Gün-2014a, S. 4-2]**

Weitere wichtige Funktionen im Materialfluss stellen das Sammeln und Verteilen von Gütern dar. Die Aufgabe beim **Sammeln** lautet, „örtlich verteilte Gütermengen der gleichen Sorte an einem Zielort oder an mehreren Orten in größerer Menge bereitzustellen“ [Gro-1989, S. 42]. Umgekehrt spricht man von einem **Verteilen**, wenn „eine an einem Ort befindliche Gütermenge an mehreren anderen Orten in

kleineren Mengen bereitzustellen ist“ [Gro-1989, S. 42]. Gilt es jedoch ein Gütersortiment auf mehrere Orte nach bestimmten Sortenmerkmalen zu verteilen, so spricht man von einem **Sortieren** [Gro-1989, S. 44]. Ein Sammeln unter Vorgabe von Sorten- und Mengenkriterien wird wiederum als **Kommissionieren** bezeichnet mit dem Ziel, „aus einer Gesamtmenge von Gütern (Sortiment) Teilmengen aufgrund von Anforderungen (Aufträge) zusammenzustellen“ [VDI-1994, S. 2].

### **2.3 Aktuelle Herausforderungen in automobilen Logistikketten**

Der verstärkte globale Wettbewerb stellt die deutsche Automobilindustrie vor große Herausforderungen. Insbesondere die Logistik wird hierbei eine Schlüsselrolle einnehmen. Die Sicherung und nachhaltige Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit wird stark von der Leistungsfähigkeit des gesamten logistischen Systems abhängen. Die Anforderungen an den Materialfluss zwischen den internen und externen Wertschöpfungspartnern werden zunehmen. Gleichzeitig wird ein funktionierendes Logistikmanagement unter den einzelnen Partnern im Netzwerk von großer Bedeutung sein, was eine durchgängige und verschwendungsfreie Logistik voraussetzt [Klu-2010, S. Vff.].

Nachfolgend werden aktuelle Entwicklungen in der Automobilindustrie vorgestellt sowie Maßnahmen diskutiert, mit denen sowohl Hersteller als auch Zulieferer diesen begegnen. Abbildung 2-5 verschafft vorab einen ersten Überblick.



Abbildung 2-5: Aktuelle Entwicklungen in der Automobilindustrie

### 2.3.1 Marktseitige Entwicklungen und geänderte Kundenanforderungen

Die fortschreitende **Globalisierung der Absatzmärkte** stellt die aktuell bedeutendste Entwicklung in der Automobilindustrie dar. Sie ist zugleich Ausgangspunkt für weitere einschneidende Trends im automobilen Markt- und Kundenumfeld. Die globale Präsenz ist die Konsequenz aus einer zunehmenden Sättigung der reifen Märkte Deutschland, Westeuropa, Nordamerika und Japan. Diese Präsenz äußert sich in einer weltweiten Dezentralisierung von Produktions- und Vertriebsstrukturen ([Geh-2007, S. VII], [Gün-2007a, S. 4]). Der Volkswagen-Konzern verfügte im Jahr 2012 über 58 Automobil-, Nutzfahrzeug- und Motorradfabriken, verteilt über die ganze Welt. Neben 37 Standorten in Europa (13 davon in Deutschland) umfasst das Produktionsnetzwerk neun Werke in Asien, sechs weitere in Südamerika und jeweils drei Fabriken in Nordamerika sowie Südafrika [Vol-2013, S. 204f.].

Getrieben wird die globale Ausrichtung der Automobilindustrie ebenso durch **neue Wachstumsmärkte** vornehmlich in den sogenannten BRIC-Staaten (Brasilien, Russland, Indien und China). Das hohe Marktwachstum in diesen Ländern lässt sich aus folgenden charakteristischen Faktoren ableiten:

- Hohe Bevölkerungszahlen
- Geringe aktuelle Pkw-Dichte
- Wirtschaftlicher Aufschwung

Um in den neu erschlossenen Märkten erfolgreich zu sein, bedarf es des Aufbaus lokaler Automobilwerke mit oder ohne nationalen Joint Venture Partner. Dadurch wird vor allem den hohen Luxuseinfuhr- bzw. Protektionszöllen auf importierte Fahrzeuge entgegengewirkt. Der Markteinstieg in solche Märkte erfolgt zunächst in der Regel über den Aufbau einer CKD-Fertigung mit logistischer Versorgung aus Heimatmärkten und lokalen Märkten. Der Ausbau zu einem vollwertigen Produktionsstandort mit Presswerk, Karosseriebau, Lackiererei und Endmontage, unabhängig von Lieferungen aus den Heimatmärkten, erfolgt bei Erreichen entsprechender Absatzzahlen ([Göp-2012, S. 15f.], [Gün-2007a, S. 22], [Ihm-2006, S. 11f.]). Ein besonders rasantes Wachstum ist aktuell auf dem chinesischen Automobilmarkt zu beobachten. Das dort vorherrschende Potenzial zieht nicht nur Hersteller, sondern gleichermaßen die gesamte Zulieferindustrie an. Die Gefahr, gerade bei erzwungenen Joint Ventures, liegt jedoch in einem Abfluss von Wissen und damit einem Verlust von Wettbewerbsvorteilen [Bis-2007, S. 16f.].

Die Globalisierung führt unweigerlich auch zu einer **zunehmenden Wettbewerbsintensität**. Dies äußert sich zum einen darin, dass leistungsfähige Hersteller aus dem asiatischen Raum (zum Beispiel Hyundai, Kia und Brilliance) immer mehr auf die traditionellen Märkte drängen. Die Wettbewerber aus Fernost zeichnen sich dabei durch eine mindestens gleichwertige Qualität im Vergleich zu etablierten Herstellern sowie ein preisaggressives Auftreten aus. Zum anderen entsteht ein härterer Wettbewerb in den Wachstumsmärkten durch lokale Anbieter (zum Beispiel Great Wall, BYD, Changan und Geely in China). Nicht zuletzt verschärft auch das momentan boomende Kleinstwagensegment die Wettbewerbssituation ([Gün-2007a, S. 14], [Win-2012, S. 8]). Laut einer Umfrage zu den Trends beim Autokauf geben sich mittlerweile 26 Prozent der Befragten mit einem Stadtflietzer zufrieden [Ara-2013, S. 13].

Eine Folgeerscheinung des weltweit intensivierten Wettbewerbs ist der **anhaltende Kostendruck** aufgrund eines sich verringernden Preisspielraums. Gerade deutsche Hersteller werden gezwungen, kontinuierlich Kostenoptimierungen durchzuführen, da Wettbewerber aus dem Ausland oftmals über deutliche Lohnkostenvor-

teile verfügen und zudem Produkte mit attraktiven Preis-Leistungs-Verhältnissen auf dem Markt anbieten ([Bec-2005, S. 14], [Göp-2012, S. 13]).

Neben den beschriebenen Veränderungen des Marktes lässt sich ein **wandelndes Kaufverhalten der Kunden** registrieren. So nimmt beispielsweise die Markenloyalität der Kunden weiter ab. Jene wechseln die Marke, weil sie entweder unzufrieden sind oder nach Abwechslung streben. Unterstützt wird diese Entwicklung durch die Annäherung von Produkten unterschiedlicher OEM in der Kundenwahrnehmung aufgrund nahezu identischer Baugruppen der Zulieferer. Parallel zum Rückgang der Markentreue zeichnet sich ein Trend zu geliehener Auto-Mobilität ab. Demnach wollen einige Kunden kein Fahrzeug mehr besitzen, sondern Mobilität lediglich bei Bedarf erwerben [Göp-2012, S. 12ff.]. Während sich der Car-Sharing-Markt in den USA bereits rasant entwickelt hat, ist Car-Sharing in Deutschland einer Umfrage zufolge für 61 Prozent der Befragten bis dato noch keine Alternative ([Ara-2013, S. 22f.], [Art-2009, S. 33]). Zu einer Veränderung des Kundenverhaltens führen außerdem die stetig steigenden Ölpreise sowie die CO<sub>2</sub>-Diskussion. Diese Faktoren schlagen sich nieder in einer Marktabschwächung und Segmentverschiebungen von großen, luxuriösen hin zu kleineren, verbrauchseffizienten Fahrzeugen [Art-2009, S. 2].

Bei einer Beobachtung von Kaufentscheidungen lässt sich eine zunehmende **Polarisierung der Kundennachfrage** erkennen. Die Wahl der Kunden fällt entweder auf Marken im Basissegment, welche ihre rationalen Grundbedürfnisse zu einem optimalen Preis erfüllen. Alternativ wählen sie aus Marken im Premiumsegment, wo ein erheblicher Zusatznutzen geboten wird und auch emotionale Bedürfnisse zu einem entsprechend hohen Preis befriedigt werden. Es ist zu erwarten, dass zwischen diesen beiden Segmenten die Nachfrage schrumpfen wird [Bis-2007, S. 12f.].

Die **Kundenwünsche** im Zeitalter des Internets lassen sich nur noch schwer einschätzen und sind geprägt durch **Individualität und Volatilität bei einem erhöhten Kostenbewusstsein**. Die wesentlichen Anforderungen der Kunden umfassen die Möglichkeit einer individuellen Fahrzeug-Konfiguration sowie eine schnelle und termingerechte Auslieferung. Darüber hinaus streben sie nach einer größtmöglichen Flexibilität bei Änderungswünschen, um bis kurz vor Produktionsstart im Werk noch Änderungen am Fahrzeug vornehmen zu können ([Geh-2007, S. 8ff.], [Gün-2007a, S. 4]).

Aus den gestiegenen Kundenanforderungen lässt sich unmittelbar ein **hoher Innovationsdruck** auf Seiten der Hersteller ableiten. Produktinnovationen sind essentiell, um ein Fahrzeug erfolgreich am Markt platzieren zu können, gerade vor dem Hintergrund, dass immer mehr Technologien (zum Beispiel Servolenkung oder ESP) zu Basisanforderungen des Kunden mutieren [Göp-2012, S. 14].

Der Innovationsdruck wird begleitet durch einen **steigenden Zeitdruck**, der auf den Herstellern lastet. Um die Erwartungen des Kunden hinsichtlich einer kurzen Lieferzeit und hohen Liefertermintreue zu erfüllen, gilt es die Zielgröße Time-to-Customer<sup>1</sup> kontinuierlich zu optimieren ([Bec-2005, S. 13], [Gün-2007a, S. 25f.]). Die Vision hierbei ist die Erreichung des 5-Tage-Autos, welches innerhalb einer Woche nach Bestelleingang den Kundenwünschen entsprechend gebaut und ausgeliefert wird. Derzeit liegt die Zeitspanne zwischen Auftragseingang und Auslieferung etwa bei 60 Tagen [Wei-2006, S. 56ff.].

Nicht zuletzt rücken **zunehmend ökologische Aspekte** bei der Kaufentscheidung des Kunden in den Vordergrund. Entscheidende Kriterien in diesem Kontext sind der Kraftstoffverbrauch, die Schadstoffklasse und die Recyclingfähigkeit eines Fahrzeuges. Die Gründe für den Bedeutungszuwachs der Umwelt liegen einerseits in einem steigenden Bewusstsein der Kunden hinsichtlich der Endlichkeit wichtiger Ressourcen, im Klimawandel und im vermehrten Auftreten von Naturkatastrophen. Andererseits fördern steigende Nutzungskosten sowie gesetzliche Maßnahmen (zum Beispiel die Einführung von Umweltzonen) die Entwicklung [Göp-2012, S. 13f.].

### 2.3.2 Reaktionen der Automobilindustrie auf den Wandel

Die Strategien der Automobilindustrie, um den unterschiedlichsten Entwicklungen des Marktes und der Kunden Rechnung zu tragen, sind vielfältig. Im Zuge weltweit wachsender Absatzmärkte weiten die Hersteller ihre Aktivitäten mittlerweile auch verstärkt auf die internationale Beschaffung von Rohstoffen und Subprodukten aus. Die Konsequenz sind weltweit aufgespannte Wertschöpfungsnetzwerke aus Zulieferern, Herstellern und Kunden. Für die Hersteller ergeben sich durch das **Global Sourcing** zahlreiche Vorteile, die von geringen Personalkosten in Niedriglohnländern bis hin zu einer ausgeweiteten Wettbewerbssituation unter den Zulieferern

---

<sup>1</sup> Time-to-Customer beschreibt die Zeitspanne von der Fahrzeugbestellung bis zur Auslieferung an den Kunden [Bec-2005, S. 13].

reichen. Die Auswirkungen auf die Logistik sind jedoch hierbei nicht zu unterschätzen. So nimmt einerseits die Komplexität in der Planung und dem operativen Betrieb der Logistikketten zu. Andererseits steigen die Logistikkosten aufgrund von verlängerten Transportstrecken, höheren Sicherheitsbeständen, Zöllen, komplexeren Kommunikationsinfrastrukturen sowie Notfallkonzepten, die es als Absicherung gegenüber drohenden Lieferausfällen vorzuhalten gilt. Ferner sind im Rahmen des Global Sourcing Wechselkursschwankungen und sprachlich-kulturelle Barrieren zu beachten ([Göp-2012, S. 12], [Gün-2007a, S. 22]).

Die Teilebeschaffung in der Automobilindustrie ist nicht nur zunehmend global geprägt, sondern unterliegt vielmehr auch einem strukturellen Wandel. Die Hersteller treiben die **Transformation singulärer Lieferketten zu Zuliefernetzwerken** gezielt voran. Diese Strategie äußert sich darin, dass oftmals zwei oder sogar noch mehr Lieferanten für gleiche Teile eingesetzt werden. Auf diese Weise wird der herstellerseitige Bedarf selbst dann gedeckt, wenn die Kapazitäten eines Lieferanten nicht ausreichen sollten. In einem Zuliefernetzwerk haben sich zudem neben den OEM, 1st-Tier und n-Tier Zulieferern die Logistikdienstleister (LDL) als unumgänglicher Partner und wichtiges Bindeglied zwischen den jeweiligen Kunden und Lieferanten etabliert [Geh-2007, S. 1ff.].

Nicht nur auf der Beschaffungsseite sind die Hersteller gezwungen zu reagieren. Ebenso gilt es den individuellen Kundenbedürfnissen mit einer steigenden Kundenorientierung zu begegnen. Dies äußert sich zunächst einmal in einer stetigen Zunahme der angebotenen Fahrzeugklassen ([Bec-2005, S. 13], [Geh-2007, S. 9]). Aktuell werden auf dem Markt 13 Segmente unterschieden: Minis, Kleinwagen, Kompaktklasse, Mittelklasse, Obere Mittelklasse, Oberklasse, SUVs, Geländewagen, Sportwagen, Vans/ Mini-Vans, Großraum-Vans, Utilities und Wohnmobile [Kra-2013, S. 1ff.]. Die Maxime für die Hersteller lautet dabei, in allen Fahrzeugsegmenten umfassend präsent zu sein, was einen fortschreitenden **Anstieg der Modell- und Derivateanzahl** zur Folge hat. Das Ziel, kundengruppenspezifische Produkte anzubieten, soll über die Besetzung jeder nur erdenklichen Marktnische erreicht werden. Demnach hat sich die Zahl der am Markt verfügbaren Basismodelle zwischen 1998 und 2008 um die Hälfte erhöht, bei der Anzahl an Derivaten lässt sich in diesem Zeitraum gar eine Verdreifachung verzeichnen ([Göp-2012, S. 16f.], [Gün-2007a, S. 19]). Deutlich wird die aktuelle Produktvielfalt auch am Beispiel des Volkswagen-Konzerns, der 2012 weltweit 28 Neuanläufe in der Produktion zu bewerkstelligen hatte [Vol-2013, S. 205].

Neben der Möglichkeit, aus einer vielfältigen Produktpalette auszuwählen, wird dem Kunden im Bereich der Fahrzeugausstattung jegliche Form der Individualisierung gewährt. Die frei konfigurierbaren Ausstattungsinhalte reichen von der Motorisierung oder Außenfarbe bis hin zu Komfort-, Fahrsicherheits- oder Elektronikumfängen als Sonderausstattungen. Dies schlägt sich in einer enormen Produktkomplexität und einer **Erhöhung der Variantenvielfalt** nieder. Die Zunahme der möglichen Ausstattungsvarianten ist auch getrieben durch landesspezifische Vorgaben (zum Beispiel Rechts-/ Linkslenker oder lokale gesetzliche Vorschriften). Für einen VW Golf ergeben sich somit in Summe  $10^{23}$  Endvarianten ([Bec-2005, S. 13], [Göp-2012, S. 17f.], [Gün-2007a, S. 4ff.]).

Die Herausforderung liegt für die Hersteller jedoch nicht alleine in der Beherrschung der Modell- und Variantenvielfalt, sondern auch darin, neue Modelle, Derivate und Ausstattungskomponenten in immer kürzeren Abständen auf den Markt zu bringen. Während Produktwechsel in den 70er Jahren noch alle zehn bis zwölf Jahre erfolgten, geschieht dies mittlerweile alle vier bis sechs Jahre. Die **Verkürzung der Produktlebenszyklen** führt nicht zuletzt zu kürzeren Amortisationsdauern bei den getätigten Investitionen ([Bec-2005, S. 13], [Geh-2007, S. 9], [Göp-2012, S. 17], [Gün-2007a, S. 5ff.]).

Als Reaktion auf den wachsenden Marktdruck konzentrieren sich die OEM zunehmend auf ihre Kernkompetenzen, indem sie sich auf die markenprägenden Umfänge fokussieren. Demzufolge werden immer mehr Bauteile oder Leistungen, welche die Kunden nicht mit der Marke des OEM verbinden, auf die Partner im Zuliefernetzwerk übertragen. Dieses **Outsourcing** führt zu wachsenden Arbeitsinhalten und zunehmender Verantwortung bei Zulieferern sowie Logistik- und Produktionsdienstleistern. Der Trend geht dazu über, komplette Modul- oder Systemumfänge inklusive der entsprechenden Entwicklungsleistungen an 1st-Tier Zulieferer zu vergeben. Diese wiederum integrieren ihrerseits nachgelagerte 2nd-Tier sowie 3rd-Tier Lieferanten für die zu verantwortenden Lieferumfänge, so dass tief gestaffelte Lieferketten entstehen. Bei vielen Automobilproduzenten liegt heute die Eigenfertigungstiefe bereits bei unter 30 Prozent, während die Entwicklungstiefe auf 50 Prozent zurückgegangen ist. Das Aufgabenspektrum der externen Zulieferer und Dienstleister umfasst neben der Entwicklung und Produktion vermehrt auch Vormontagetätigkeiten sowie weite Teile der Logistik (zum Beispiel Disposition, Behältermanagement, Transport und Bereitstellung von Teileumfängen). Die Hersteller versprechen sich durch die Outsourcing-Aktivitäten Kosteneinsparungen, indem sie

auf Mengendegressionseffekte auf Seiten der Lieferanten und Dienstleister, deren Zugehörigkeit zu anderen Tarifbereichen sowie deren zum Teil kostengünstigere Standorte setzen. Außerdem erhalten die OEM Zugang zu neuen Technologien und verschaffen sich intern durch die Verlagerungen freie Produktionskapazitäten bzw. -flächen. Zugleich ergeben sich aber auch Vorteile für die Zulieferer in Form von Volumensteigerungen durch zusätzliche Wertschöpfungsumfänge und langfristigen Partnerschaften mit den Herstellern ([Bec-2005, S. 14ff.], [Geh-2007, S. 1ff.], [Göp-2012, S. 18f.], [Gün-2007a, S. 5ff.]).

Die Automobilindustrie erfährt – nicht zuletzt auch infolge der Outsourcing-Strategie der OEM – eine zunehmende **Konsolidierung**. Der Trend zur Modulfertigung löst unter den 1st-Tier Zulieferern einen starken Verdrängungswettbewerb aus. Experten rechnen mit einer mittelfristigen Halbierung der Lieferantenzahl wegen des anhaltenden Kostendrucks, der Erweiterung des Kompetenzspektrums oder fehlender Entwicklungskapazitäten. Die Überlebensstrategie auf dem Markt lautet, den Einstieg in die Modulproduktion nicht zu verpassen [Geh-2007, S. 3ff.]. Starke Konsolidierungstendenzen lassen sich allerdings nicht nur bei den Zulieferern, sondern bereits seit Jahrzehnten auch bei den OEM erkennen. In Deutschland hat sich die Zahl der unabhängigen Hersteller von elf in den 50er Jahren auf gegenwärtig drei (BMW, Mercedes-Benz, Volkswagen) reduziert. Zwei wesentliche Zielsetzungen der Konsolidierungspolitik liegen in der Nutzung von Skaleneffekten und der Erschließung neuer Märkte, wie auch die Übernahme von Seat (1986) und Škoda (1991) durch Volkswagen belegt. Während Volkswagen dadurch schnell in den spanischen sowie osteuropäischen Markt vordringen konnte, bedeutete die Übernahme für Seat und Škoda in erster Linie eine Erhöhung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit ([Bec-2005, S. 11], [Göp-2012, S. 18], [KPM-2010, S. 12ff.]). Aktuell umfasst der Volkswagen-Konzern zwölf Marken: Volkswagen Pkw, Audi, Seat, Škoda, Bentley, Bugatti, Lamborghini, Porsche, Ducati, Volkswagen Nutzfahrzeuge, Scania und MAN [Win-2012, S. 13f.].

Nachdem der Einstieg in neue Märkte gelungen ist, gilt es sich dort nachhaltig zu positionieren. Der Markterfolg lässt sich heute nicht ausschließlich durch Qualitätsvorsprung und Produktivitätsfortschritt realisieren. Vielmehr erweist sich die **Innovationsorientierung** als entscheidende Strategie, um sich von den internationalen Wettbewerbern zu differenzieren. Dabei ist es wichtig, den Fokus nicht nur auf innovative Produkte und Technologien zu richten, sondern in gleichem Maße neuartige Geschäftsmodelle und Prozesse zu entwickeln. Während dies in früheren Jah-

ren vornehmlich den großen Industrienationen vorbehalten war, entwickeln sich heute besonders einige asiatische Staaten zu echten Innovationsführern vor allem in der High-Tech-Branche. Durch die Umsetzung von Innovationen kann ein direkter und sichtbarer Nutzen für den Kunden (Endverbraucher oder Produktion) erzeugt werden [Gün-2007a, S. 5ff.]. Ein Großteil der Innovationen im Automobil stammt heute aus dem Bereich Elektronik und Software. Ein hohes Potential liegt zudem in der Leichtbautechnik als potentiellen Ansatz zur Gewichts- und somit Verbrauchsreduzierung. Ebenso wird die Entwicklung alternativer Antriebskonzepte (Elektro- sowie Hybridantriebe) und alternativer Kraftstoffe (Erd- sowie Autogas) zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses weiter vorangetrieben [Göp-2012, S. 4].

Um dem Kunden sukzessive Innovationen bieten zu können, gewinnen **Kooperationen in Partnernetzwerken** immer mehr an Bedeutung. Die Zusammenarbeit von Herstellern mit Zulieferern und Produktions- bzw. Logistikdienstleistern ist gekennzeichnet durch einen beidseitigen Nutzen. Kleine und mittelständische Unternehmen profitieren von der Finanzkraft, internationalen Aufstellung und Absatzmacht der großen OEM, wohingegen Letztere auf die Reaktionsschnelligkeit und das Spezial-Know-How der kleineren Firmen setzen. Die Kooperationen erfolgen dabei nicht nur innerhalb der Automobilbranche, sondern vermehrt auch branchenübergreifend beispielsweise zwischen den OEM und Elektronik- oder Softwarespezialisten. Vermehrt zu beobachten ist ferner die Zusammenarbeit von konkurrierenden Automobilherstellern untereinander. Hierbei handelt es sich in der Regel um Einkaufs-, Vertriebs-, Entwicklungs- und Produktionskooperationen. Als positive Effekte resultieren daraus zum einen Kostenreduktionen etwa durch die Aufteilung von Entwicklungsaufwänden und zum anderen die Erzielung von Skaleneffekten bei einer gemeinsamen Nutzung von Teilespektren und Infrastrukturen in der Produktion ([Göp-2012, S. 19], [Gün-2007a, S. 7ff.]).

Weitere Stellhebel zur Kostensenkung sind – neben den beschriebenen Kooperationsmöglichkeiten – Ansätze zur **Wertschöpfungsorientierung**. Die Grundphilosophie hierzu entstammt dem Toyota-Produktionssystem und besagt, bei der Optimierung von Geschäftsprozessen all jene Prozessschritte, welche keine Wertschöpfung für das Endprodukt erbringen, zu minimieren oder im Idealfall zu eliminieren. Entsprechend dieser Denkweise wurden seit Beginn der 90er Jahre vielfältige Reorganisationsprojekte im Rahmen des Lean Managements durchgeführt. Neben einer effizienten und kostengünstigen Automobilfertigung stand vor allem der Null-Fehler-Anspruch im Mittelpunkt. Prägend für die Automobilindustrie waren in dieser

Zeit die Einführung von JIT- und JIS-Belieferungskonzepten sowie die Entwicklung nachfrageorientierter Produktionssysteme nach dem Pull-Prinzip ([Bec-2005, S. 12f.], [Geh-2007, S. VII], [Gün-2007a, S. 23f.]).

Die Grundlage für effiziente Prozesse stellen **flexible und wandlungsfähige Automobilwerke** dar. Schwankende Nachfragen, rasche Modellwechsel und neue Markttrends erfordern eine schnelle Anpassung von Produktion und Logistik an die geänderten Rahmenbedingungen. Die Herausforderung liegt darin, Werksstrukturen zu schaffen, welche eine optimale Abstimmung des Produktionsprogrammes mit den aktuellen Marktanforderungen erlauben und zugleich eine hohe Auslastung der Werkskapazitäten gewährleisten. Als flexible Lösungen erweisen sich hierbei die Fertigung mehrerer Fahrzeugmodelle auf einer Produktionslinie und die Fertigung eines Modelles an verschiedenen Standorten. Ein wesentliches Charakteristikum neuer Automobilwerke ist der gewachsene Stellenwert von Materialflussbetrachtungen, was sich nicht zuletzt in zunehmend logistikorientierten Prozess- und Gebäudeauslegungen widerspiegelt. Eindrucksvoll zeigt sich dieser Trend beim Blick auf die Montagestruktur des 2005 in Betrieb gegangenen BMW-Werkes in Leipzig (siehe Abbildung 2-6). Ausgehend von einem Hauptband zweigt die Montagelinie in mehrere Finger ab. Das als Finger- bzw. Kammstruktur gestaltete Layout sorgt für eine vielseitige Erreichbarkeit der Montage von außen und eine logistikgerechte Anbindung der montagenahen Versorgungszentren (VZ). Außerdem können die einzelnen Finger bei Bedarf aufwandsarm verlängert werden, um zusätzliche Arbeitsschritte einzufügen oder die Fertigungskapazitäten zu erhöhen. Die Idee eines Fingersystems in der Montage hat BMW auch auf das Produktionswerk Tiexi am chinesischen Standort Shenyang übertragen, welches 2012 eröffnet wurde ([Bau-2014, S. 28ff.], [BMW-2012, S. 12], [Geh-2007, S. 18], [Gün-2007a, S. 11ff.]).



Abbildung 2-6: Struktur des BMW-Werkes am Standort Leipzig [Bau-2014, S. 42]

Der Bedeutungszuwachs für die Logistik geht einher mit einem umfassender werdenden und anspruchsvolleren Aufgabenspektrum. Die Anforderungen an Logistikprozesse lassen sich aus den „7 R der Logistik“ ableiten, wonach es die richtigen Objekte in der richtigen Menge, am richtigen Ort, zum richtigen Zeitpunkt, in der richtigen Qualität, zu den richtigen Kosten und mit den richtigen Informationen bereitzustellen gilt [Ihm-2006, S. 16]. Um diese Vorgaben bestmöglich erfüllen zu können, bedarf es einer **leistungsfähigen Logistik**, deren Qualität zum Beispiel durch eine fortschreitende Automatisierung mittels entsprechender IT-Systeme gesichert werden muss. Mehr denn je werden darüber hinaus ein hohes Ausbildungsniveau und geeignete Qualifikationen von den Logistikmitarbeitern gefordert. Als wichtige Eigenschaft erweist sich in diesem Zusammenhang auch ein ganzheitliches Prozessdenken [Gün-2007a, S. 26].

## 2.4 Zukünftige Entwicklungstrends in der Automobil- und Logistikbranche

Ein Blick in die Zukunft verrät, dass die Anforderungen an die Automobillogistik weiter steigen werden. In verschiedenartigen Studien werden Zukunftsszenarien skizziert, wie sich die Gesellschaft in den nächsten Jahrzehnten entwickeln wird und welche Auswirkungen sich daraus für die Automobilindustrie und die Logistik im Allgemeinen ergeben. Im Anschluss werden sechs Trendstudien miteinander verglichen mit der Intention, Redundanzen zu identifizieren, um die wesentlichen zukünftigen Stoßrichtungen herauszuarbeiten.

### 2.4.1 Entwicklungstrends nach Arthur D. Little

In ihrer Studie „Zukunft der Mobilität 2020“ zeigt Arthur D. Little als eine der weltweit führenden Unternehmensberatungen langfristige Trends auf hinsichtlich zukünftiger Mobilitätsbedürfnisse und deren Auswirkungen auf die Automobilbranche.

Ein erster Mega-Trend, der sich abzuzeichnen scheint, wird als **Neo-Ökologie** umschrieben. Demnach wird bei den Verbrauchern ein Verantwortungsbewusstsein erzeugt in Bezug auf die Bedingungen, unter denen ein Produkt hergestellt oder genutzt wird. In den Vordergrund rücken vor allem die Themen Umweltschutz und Ressourcenschonung. Die Erwartungshaltung der Konsumenten liegt darin, dass für die zunehmende Mobilität eine entsprechende ökologische Grundlage geschaffen wird. Der Fokus wird sich auf erneuerbare Energien richten, in dessen Zuge die Technologien rund um Windkraft, Photovoltaik und Brennstoffzellen einen signifi-

kanten Aufschwung erfahren werden. In der Studie wird erwartet, dass die Umweltindustrie in Deutschland bereits 2020 Industrien wie den Fahrzeug- oder Maschinenbau einholen wird. Neben Umweltaspekten werden ebenso faire Arbeitsbedingungen, die Bekämpfung der Korruption, die Erhöhung der Bildungschancen sowie die Gleichberechtigung von Frauen und Minderheiten weiter an Bedeutung gewinnen. Die Auswirkungen der Ökologisierung auf die Automobilindustrie werden sich in einer starken Dominanz des Hybrid-Marktes niederschlagen. Das Prognoseinstitut B&D Forecast rechnet im Jahre 2025 mit Hybridanteilen von 74 Prozent in Japan, 73 Prozent in den USA und 44 Prozent in Europa. Zudem sieht die Studie Car-Sharing-Konzepte weiter auf dem Vormarsch. Während der Trend zu geliehener und geteilter Mobilität in den USA bereits großen Anklang findet, wartet Car-Sharing in Deutschland – wie in Kapitel 2.3.1 bereits erwähnt – noch auf den großen Durchbruch. Dennoch wird auch für Deutschland und Europa eine deutliche Wachstumsentwicklung prognostiziert.

Die zweite große Herausforderung für Anbieter aller Branchen sieht Arthur D. Little auch zukünftig in der **Individualisierung**. Das Bedürfnis der Verbraucher nach Individualität und Selbstbestimmung wird nicht nachlassen. Traditionelle Bindungen werden weiter an Stellenwert verlieren, da die Menschen ihr Leben nach eigenen Wünschen und Vorstellungen gestalten wollen. Für die Unternehmen wird der Schlüssel zum Erfolg darin liegen, auf die unterschiedlichen situativen Ansprüche und Lebensstile der Kunden einzugehen. Aus diesem Grund wird auch die Automobilindustrie dem Prinzip der „Mass Customization“ noch intensiver folgen müssen. In der online-basierten Konfiguration maßgeschneiderter Fahrzeuge liegt die Zukunft.

Als dritter Mega-Trend wird in der Studie die **Mobilität** angeführt, deren Bedarf sich weiter erhöhen wird sowohl im beruflichen als auch privaten Umfeld. Dabei wird sich die Mobilität in noch stärkerem Ausmaß als bisher zu einem zentralen Grundbedürfnis der Menschen entwickeln und Freiheit, Wohlstand sowie Individualität verkörpern. Mit ihrer Ausdehnung geht eine weitere Verkehrszunahme einher, wobei das Auto seine Rolle als wichtigstes Transportmittel behalten wird. Bereits heute werden etwa 80 Prozent der Verkehrsleistung im Personenverkehr durch Pkw erbracht. In Zukunft ist von einer weltweit noch höheren Pkw-Dichte auszugehen. Gemäß den Prognosezahlen für Europa wird in den 27 EU-Ländern die Pkw-Anzahl bis 2020 um 70 Millionen Fahrzeuge zunehmen. Die Automobilindustrie sieht demnach einer sehr positiven Zukunft entgegen. Allerdings lässt die Studie auch das

allmähliche Bilden von mobilen Klassengesellschaften erkennen. Während sich der eine Kundenkreis von steigenden Kraftstoff- und Betriebskosten der Fahrzeuge nicht beeindruckt lässt, senken andere Kundensegmente ihre Mobilitätsaufwendungen. Sie bevorzugen Autos mit geringerem Verbrauch und sauberem Image. In den USA ist zum Beispiel vor allem in den letzten Jahren eine deutlich verstärkte Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs zu beobachten [Art-2009, S. 11ff.].

### 2.4.2 Entwicklungstrends nach der Europäischen Kommission

Die Europäische Kommission veröffentlicht im Rahmen des „European competitiveness report 2004“ zwei hypothetische Szenarien zur Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie.

Das Worst-Case-Szenario **„Killing the engine“** mündet dabei in einen drastischen Rückgang der europaweiten Beschäftigung im Automobilsektor, wenn es Europa nicht gelingt, die Produktivitätslücke zu Japan und den USA zu schließen. Dieser Umstand spiegelt sich zunächst in höheren Fahrzeugpreisen und geringeren Gewinnmargen wider, um die Defizite in der Produktivität zu kompensieren. Ferner kann die Differenzierungsstrategie europäischer Hersteller durch die Besetzung unterschiedlichster Marktnischen nicht fortgeführt werden, weshalb sich der Preis zum wesentlichen Kaufkriterium der Kunden entwickelt. Das erhöht in der Folge den Kostendruck auf die Hersteller erheblich, so dass jene wieder verstärkt auf die Massenproduktion setzen. Um Lohnkosten zu sparen, werden außerdem arbeitsintensive Produktionen in die neuen EU-Mitgliedsstaaten verlagert. Der Ansatz verteilter Wertschöpfungsnetzwerke wird in gleichem Zuge aufgrund zu hoher Energie- und Transportkosten aufgegeben. Die europäische Automobilindustrie wird am Ende dem massiven Wettbewerbsdruck aus Japan, Korea und China nicht standhalten können, so dass die Beschäftigungszahlen von aktuell ca. 750.000 auf 350.000 Stellen sinken.

Dem geschilderten Negativszenario steht mit **„Taking the pole position“** auch ein Best-Case-Szenario gegenüber, worin die Automobilindustrie ihren Status als Rückgrat der europäischen Wirtschaft behält. Die Erfolgsfaktoren liegen hierbei in einer raschen Produktivitätserhöhung und einer mittelfristigen Etablierung der Brennstoffzellen-Technologie. Somit ergeben sich hohe Gewinne durch die gesteigerte Produktivität und hohe Rückflüsse aus den getätigten F&E-Investitionen, was in ein langfristiges Fortbestehen der Differenzierungsstrategie auf Seiten der europäischen Hersteller mündet. Die Konsequenz daraus ist die Entwicklung individuali-

sierter Fahrzeuge für neue Konsumentengruppen. Außerdem tragen eine verteilte Wertschöpfungsstruktur sowie die Erschließung des russischen Marktes erheblich zur Stärkung der europäischen Automobilindustrie bei. Diese umfasst im Jahr 2020 dann etwa 2,5 Millionen Beschäftigte. Fast jedes moderne Fahrzeug verfügt dabei über einen umweltfreundlichen Brennstoffzellen-Antrieb. Außerdem führen aktive sowie passive Sicherheitssysteme zu einer deutlichen Erhöhung der Verkehrssicherheit ([Bis-2007, S. 19f.], [Eur-2004, S. 221ff.]).

### 2.4.3 Entwicklungstrends nach KPMG

Die weltweit agierende Wirtschaftsprüfungsgesellschaft KPMG erstellt in ihrer Studie „Unternehmens- und Markenkonzentration in der europäischen Automobilindustrie“ zwei Entwicklungsszenarien für den Markt 2025 mit den entsprechenden Konsequenzen für die Automobilhersteller.

Das erste Szenario „**Green Revolution**“ beschreibt ein Vorantreiben der Entwicklung alternativer, umweltfreundlicher Antriebstechnologien, was sowohl auf einen wachsenden politischen Druck als auch einen Wertewandel in der Gesellschaft zurückzuführen ist. Diese Strategie birgt jedoch finanzielle Risiken für die Hersteller, da zunächst einmal in beträchtlichem Umfang in F&E-Aktivitäten investiert werden muss. Außerdem gilt es die Produktionskonzepte entsprechend anzupassen und die Wertschöpfungsstruktur zu modifizieren, indem neue Lieferanten integriert werden. Eine große Herausforderung bedeutet das vor allem für Hersteller mit geringem Eigenkapital und mangelnder Ertragskraft. Es ist in jenem Szenario nicht von vielen neuen Markteinsteigern auszugehen aufgrund hoher Eintrittsbarrieren. In erster Linie wird chinesischen Herstellern mit staatlicher Unterstützung oder Energieversorgungsunternehmen dieser Schritt zugetraut.

Während „Green Revolution“ eine Weiterentwicklung des bestehenden automobilen Geschäftsmodells darstellt, basiert das zweite Szenario „**Mobility Revolution**“ auf grundlegenden Veränderungen. Diese sind auf ein wandelndes Konsumverhalten der Kunden zurückzuführen, welche in Zukunft Fahrzeuge lediglich temporär mieten als fix besitzen wollen. Das führt zu einer radikalen Restrukturierung der Automobilbranche, indem Mobilitätsanbieter die Systemführerschaft übernehmen werden. Die Automobilhersteller stehen vor der Herausforderung, sich selbst zu Mobilitätsanbietern und somit zu Dienstleistungsunternehmen zu entwickeln. Alternativ besteht auch die Möglichkeit, mit branchenfremden Dienstleistern zu kooperieren.

Dieses Szenario ist durch eine Vielzahl an Markteinstiegen geprägt [KPM-2010, S. 3f.].

### **2.4.4 Entwicklungstrends nach PricewaterhouseCoopers**

Die Wirtschaftsprüfungsgesellschaft PricewaterhouseCoopers, die neben KPMG zu den weltweit führenden Prüfungsgesellschaften zählt, beschreibt in der Studienreihe „Transportation & Logistics 2030“ Zukunftsszenarien zur Entwicklung der Logistikbranche bis ins Jahr 2030. Im Rahmen der ersten Ausgabe „How will supply chains evolve in an energy-constrained, low-carbon world?“ rücken die Verknappung von Energieressourcen und die Konsequenzen daraus für die Lieferketten in den Fokus.

Die wesentliche Erkenntnis der Studie liegt in der zukünftig hohen Bedeutung nachhaltiger Lieferketten, was sowohl auf steigende Transport- und Umweltkosten als auch neue Gesetze und Ziele innerhalb der Energiepolitik zurückzuführen ist. Zugleich wird von den Verbrauchern ein zunehmendes Umdenken in Richtung Nachhaltigkeit erwartet. Diese Entwicklung wird sich nicht nur in deren Mobilitätsverhalten niederschlagen, wo in verstärkter Weise auf den persönlich verursachten Carbon Footprint geachtet wird. Ebenso erwarten die Experten von umweltbewussten Kunden eine Fokussierung auf lokale Produkte, wodurch der Bedarf an Langstreckentransporten sinken wird zugunsten regionaler Zuliefer- und Distributionsnetze in einigen Branchen. Aber auch die Logistikunternehmen werden die ökologische Denkweise der Verbraucher durch Schaffung von mehr Transparenz fördern, indem sie zum Beispiel die Ökobilanz eines Produktes oder einer Dienstleistung aufzeigen oder Transportalternativen nennen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass ein Großteil der Umweltkosten zukünftig auf die Kunden übertragen wird. Hierzu bedarf es einer vollständigen Erfassung und Dokumentation sämtlicher Emissionen entlang der Logistikkette durch die Logistikanbieter. Für jene wird fortan neben der Kreditwürdigkeit ebenso die Ökologie zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor werden, da eine Bewertung von Transport- und Logistikunternehmen in Bezug auf Nachhaltigkeitskriterien denkbar ist. Für Logistikdienstleister bietet das zugleich die Chance, eine Beraterfunktion einzunehmen bei der nachhaltigen Gestaltung von Lieferketten. Dabei wird die Minimierung des Energieverbrauchs als wichtigeres Ziel betrachtet werden als die Aspekte Kosteneffizienz und Liefergeschwindigkeit. In diesem Kontext werden vor allem auch erneuerbare Energien eine gewichtige Rolle spielen, denen erhebliche Wachstumsraten bevorstehen.

Die Logistikbranche wird in Zukunft zudem durch Neu- und Weiterentwicklungen der Transportmittel gekennzeichnet sein. Der Trend geht unter anderem zum Einsatz von großvolumigen Containerschiffen und Gigalinern. Außerdem werden weitere Innovationen auf dem Gebiet des autonomen Transports erwartet. Das „Internet der Dinge“ wird auch in Zukunft nicht an Bedeutung verlieren. Demnach werden intelligente Objekte Informationen über die RFID-Technologie austauschen und Prozessabläufe selbst organisieren.

Auch in der Automobilindustrie zeichnet sich eine zunehmende Regionalisierung ab, zumal die Fahrzeugproduktion weiterhin bevorzugt in den Absatzmärkten erfolgen wird. Gleichmaßen wird sich die Reduzierung des Carbon Footprint bei der Auslieferung der Fahrzeuge zum Händler als wichtiges Thema etablieren. Möglich ist hierbei ein Rückgang des Transportaufkommens durch die Herstellung kleinerer und leichter Fahrzeuge. Im Bereich der Informationslogistik wird man dazu übergehen, Güterströme in Echtzeit zu überwachen und bei Bedarf entsprechend anzupassen [Pri-2010, S. 3ff.].

### **2.4.5 Entwicklungstrends nach dem VDI**

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) zeigt in seiner Studie „Produktion und Logistik in Deutschland 2025“ verschiedene Entwicklungstrends und Tendenzen in vier Themenclustern auf. In diesem Kapitel werden zwei Bereiche ausgewählt, deren Zukunftsprognosen anschließend näher betrachtet werden:

- Märkte, Standortstrategien und Ressourcen
- Logistik- und Produktionszentren, Mobilität und Infrastruktur

Ein erster signifikanter Trend, der sich bereits heute abzeichnet, ist das globale Wachstum der Schwellenländer in den kommenden Jahren. Dabei sind nicht nur erhebliche Fortschritte im Bereich der Volkswirtschaft zu erwarten, sondern ebenso in puncto Bildung, Forschung, Image und Attraktivität. Deshalb wird insbesondere Asien zukünftig einen großen Anteil an der Weltwirtschaft erringen, während Europa und die USA an Bedeutung verlieren werden. Neben dem Aufschwung der Schwellenländer wird das kommende Jahrzehnt auch durch einen überdurchschnittlichen Anstieg von internationalen Unternehmenszusammenschlüssen und Kooperationen gekennzeichnet sein. Ein großes Potential wird dabei einer branchenübergreifenden Zusammenarbeit eingeräumt.

Trotz der zunehmenden asiatischen Marktdominanz werden deutsche Kompetenzen weiterhin weltweit gefragt sein. Nach den Einschätzungen der Studienteilnehmer werden Deutschland und China bis zum Jahr 2025 die absoluten Führungspositionen bei den Produktionsstandorten einnehmen. Ebenso werden beide Länder gemeinsam mit West- und Osteuropa zu den besonders relevanten Beschaffungsmärkten zählen. Auf Vertriebsseite werden die Märkte in Deutschland, China, Westeuropa und Nordamerika von größter Wichtigkeit sein. Darüber hinaus wird Deutschland bis 2025 seine Vorreiterrolle auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung sowie seinen hohen Stellenwert bei der Personalrekrutierung behalten.

Mit Blick auf die sich in Zukunft einstellenden Standortstrukturen lässt die Studie einen Trend zu einer absatzmarktorientierten, lokalen Produktion erkennen. Ein wesentlicher Grund für diese Entwicklung liegt in der Vermeidung von energieintensiven Transporten. Um der Verknappung von Rohstoffen und den steigenden Energiekosten entgegenzutreten, wird von den Produktionsunternehmen ferner die Entwicklung von rohstoff- und energiesparenden Technologien bis 2025 weiter forciert werden. Außerdem werden Wettbewerbsvorteile für Regionen vermutet, welche eine Energieversorgung zu niedrigen Preisen anbieten können.

Die Teilnehmer der Studie vertreten weiterhin die Meinung, dass große Logistikzentren außerhalb der Städte eine essentielle Rolle zukünftig spielen werden. Diese sollen im Rahmen einer deutlichen Zunahme des Onlinehandels bis 2025 eine effiziente Belieferung der einzelnen Haushalte ermöglichen. Es ist auch davon auszugehen, dass Logistikzentren zunehmend auf die Lagerung und den Versand von Waren unterschiedlicher Händler setzen werden.

In der Umgebung von Ballungsgebieten wird nicht nur ein erhöhter Bedarf an Logistikzentren erwartet. Gleichzeitig sollen dort vermehrt großflächige Betriebs- und Produktionsstätten entstehen. In den sogenannten Mega-Plants werden dabei in erster Linie Rohstoffe zu Grundstoffen und Halbfertigprodukten verarbeitet. Deren Fertigstellung zu individualisierten Endprodukten soll hingegen bevorzugt marktnah – wie bereits erwähnt – in Kundennähe geschehen.

Allerdings werden sich bis 2025 auch Veränderungen in den Bereichen der Mobilität und Verkehrsinfrastruktur ergeben. Damit deutsche Logistikunternehmen wettbewerbsfähig bleiben, wird eine Optimierung der eingesetzten Transportmittel als unumgänglich betrachtet. Potentielle Ansatzpunkte in diesem Kontext sind eine Verbesserung der Ressourceneffizienz sowie eine Optimierung der Transportvolu-

mina. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass unterschiedliche Firmen eine gemeinschaftliche Nutzung von Transportmitteln anstreben, um somit Materialströme zu bündeln. Im Zuge eines gestiegenen Umweltbewusstseins werden außerdem umweltfreundlichere Transportmittel wie die Bahn einen größeren Bedeutungszuwachs erfahren. Nicht zuletzt wird in Bezug auf die Güterbewegungen innerhalb von Logistikketten eine deutliche Zunahme des intermodalen Verkehrs prognostiziert. Folglich werden Straßen-, Schienen-, Wasser- und Lufttransporte stärker miteinander gekoppelt werden [VDI-2012, S. 9ff.].

### 2.4.6 Entwicklungstrends nach Deutsche Post DHL

Einen weitreichenderen Blick in die Zukunft wagt abschließend Deutsche Post DHL als weltweit führender Post- und Logistikkonzern mit der Szenariostudie „Logistik 2050“ innerhalb der „Delivering Tomorrow“-Reihe. Darin werden fünf Visionen der Welt im Jahre 2050 und ihre Auswirkungen auf die Logistik geschildert.

Das erste der fünf Zukunftsbilder wird umschrieben als **„zügellooses Wachstum – drohender Kollaps“** und ist gekennzeichnet durch eine Gesellschaft, die einen verschwenderischen Lebensstil pflegt zu Lasten der natürlichen Ressourcen. In der Weltwirtschaft hat mittlerweile Asien die Vorreiterrolle eingenommen. Die Internationalisierung der Logistik zeigt sich durch den Aufbau eines globalen Transportnetzes, welches einen schnellen Gütertausch ermöglicht. Es können beispielsweise kürzere Transportwege durch das arktische Eis genutzt werden bedingt durch den fortschreitenden Klimawandel. Dieser fördert jedoch auch das Auftreten von Naturkatastrophen und Extremwetter, was zu Unterbrechungen der Lieferketten führt. Die große Bedeutung der Logistik im Rahmen des betrachteten Szenarios resultiert zum einen aus einer sehr hohen Nachfrage nach Logistik- und Transportleistungen. Zum anderen werden sogar Produktionsprozesse auf Logistikunternehmen übertragen.

Eine zweite Vision prognostiziert für das Jahr 2050 eine **„Megaeffizienz in Megastädten“** vor dem Hintergrund eines „grünen“ Wachstums. Dabei werden insbesondere Lösungen erarbeitet, um die zunehmende Verkehrsüberlastung und Luftverschmutzung in den globalen Megastädten in den Griff zu bekommen. So werden zum Beispiel unterirdische Frachttransporte als effizientes Verkehrskonzept und automatisierte Null-Emissions-Anlagen eingeführt. Die optimale Verknüpfung der einzelnen Megastädte wird – analog zum ersten Szenario – über ein globales Transportnetz sichergestellt. Das Konsumverhalten der Kunden hat sich dahinge-

hend verändert, dass Produkte bevorzugt gemietet werden anstatt jene zu kaufen. Logistikunternehmen profitieren davon, indem sie verschiedene Miet- und Sharing-Dienstleistungen anbieten. Das Kompetenzportfolio der Logistikindustrie umfasst darüber hinaus die Steuerung der Städtelogistik und der städtischen Versorgung sowie die operative Abwicklung von Fertigungsaufgaben.

Ein weiteres Zukunftsszenario fokussiert **„individualisierte Lebensstile“**, die sich durch einen personalisierten Konsum und Fertigungen nach Maß auszeichnen. Der Kunde hat hierbei die Möglichkeit, sein eigenes Produkt zu entwickeln und nach seinen Vorstellungen zu gestalten. Innovative Produktionstechnologien wie etwa 3D-Drucker unterstützen den Individualisierungstrend, führen aber zugleich auch zu einem Anstieg des Energie- und Rohstoffverbrauchs. Im Rahmen dieser Vision werden lokale Produktionsstrukturen favorisiert anstelle von global verteilten Produktionsnetzen. Folglich reduzieren sich Ferntransporte von fertigen und halbfertigen Waren signifikant, so dass lediglich Rohstoffe und Daten weiterhin den Weg durch die weite Welt nehmen. Die Aufgabe der Logistikunternehmen liegt vielmehr in der Schaffung leistungsfähiger, regionaler Distributionsnetze und der Organisation kompletter physischer Wertschöpfungsketten.

Das nächste Zukunftsbild mündet in einer Umkehr der Globalisierung und wird als **„lähmender Protektionismus“** bezeichnet. Der Rückgang des weltweiten Handels lässt sich auf knappe Ressourcen, hohe Energiepreise und internationale Konflikte über Rohstoffvorkommen zurückführen. Stattdessen wird der Aufbau regionaler Lieferketten durch schwächelnde Volkswirtschaften begünstigt. Der Logistik kommt in dieser Vision eine strategische Bedeutung zu. Da zwischen einigen Ländern große politische Spannungen herrschen, können Logistikunternehmen aus neutralen Ländern eine Vermittlerrolle im internationalen Handel einnehmen. Im Zuge immer komplexer werdender Zollabwicklungen wird auch die Zoll-Expertise an Stellenwert gewinnen.

Im fünften Szenario **„Globale Widerstandsfähigkeit – Lokale Anpassung“** rückt eine hohe Versorgungssicherheit des Kunden in den Vordergrund, weshalb auf eine lokale Wertschöpfung vertraut wird. Die Kombination aus zunehmenden Naturkatastrophen in Folge des Klimawandels und straffen, effizienzorientierten Produktionsstrukturen führte vielfach zu Lieferschwierigkeiten. Das war der Auslöser für einen Paradigmenwechsel von einer Effizienzmaximierung hin zur Schaffung robuster Strukturen. Somit ist ein Wertschöpfungssystem in einer nach Sicherheit strebenden Welt durch Redundanzen, regionale Lieferketten und große produktionsna-

he Lager anstatt Just-in-Time-Anlieferungen charakterisiert. Von Transportdienstleistern wird dabei höchste Zuverlässigkeit gefordert, was nicht zuletzt durch das Vorhalten von Ersatzkapazitäten realisiert wird. Um dennoch für ein ausgewogenes Verhältnis zwischen dem Sicherheitsdenken und einer CO<sub>2</sub>-reduzierten Logistik zu sorgen, bedarf es entsprechender Strategien zur Erzielung hoher Transportauslastungen [Deu-2012, S. 14ff.].

### 2.4.7 Zusammenfassung der Entwicklungstrends

Eine Gegenüberstellung der identifizierten Trends macht deutlich, dass jene teilweise in unterschiedliche Richtungen laufen. Daher ist es auch nicht möglich, eine generalisierende Zukunftsprognose für die Automobilindustrie und deren Logistik zu treffen. Trotzdem lassen sich durchaus Tendenzen erkennen, da manche Entwicklungen in mehreren Studien unabhängig voneinander beschrieben werden. Aus einer konsolidierten Betrachtung in Abbildung 2-7 lassen sich drei absolute Top-Trends ableiten.

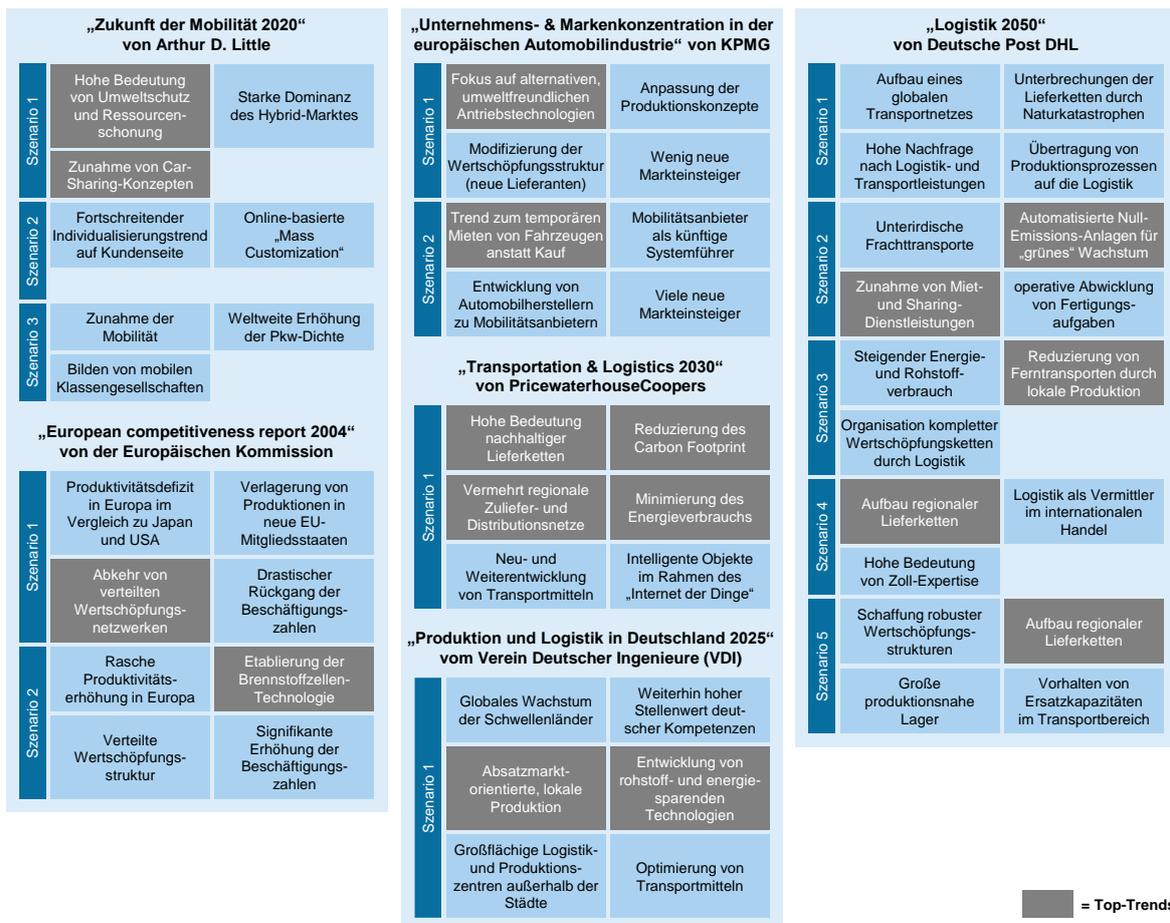


Abbildung 2-7: Zusammenfassung zukünftiger Trends in der Automobil- und Logistikbranche

Ein wesentlicher Aspekt, der in allen aufgezeigten Studien Anklang findet, ist die zukünftig starke Orientierung an **Maßnahmen zum Schutze der Umwelt**. In diesem Kontext spielen alternative Antriebstechnologien beispielsweise in Form von Brennstoffzellen oder Verbesserungen der CO<sub>2</sub>-Bilanzen in nachhaltig gestalteten Lieferketten eine große Rolle. Ferner gilt es Lösungen im Hinblick auf die fortschreitende Ressourcenknappheit zu generieren. Potentielle Ansätze liegen in der Senkung des Energieverbrauchs und dem Einsatz erneuerbarer Energien. Ein zweiter, häufig erwähnter Trend sieht Dienstleistungsangebote im Bereich des **Car-Sharing** als sehr zukunftssträftig an. Die Ursache hierfür sehen die Studien in einem sich verändernden Konsumentenverhalten. Der Kunde von morgen zieht dabei eine temporäre Miete dem dauerhaften Besitz eines Fahrzeuges vor. Trotz der aktuellen Globalisierungswelle und weltweit verteilten Wertschöpfungsnetzen erwarten einige Szenarien eine Rückkehr zu **regionalen Lieferketten**. Die Gründe hierfür liegen nicht zuletzt in den steigenden Energie- und Transportkosten. Durch lokale Produktionsstrukturen können etwa aufwändige Ferntransporte vermieden werden.

## 2.5 Fazit

Die Automobilindustrie stellt einen der bedeutendsten Industriezweige dar, der jedoch insbesondere im Bereich der Logistik aktuell und auch zukünftig großen Herausforderungen gegenüber steht. Durch den steigenden Zeitdruck innerhalb der Branche werden reibungslose Abläufe in den Logistikketten wichtiger denn je. Dabei gilt es nicht nur den Montageprozess eines OEM taktgenau mit Bauteilen und Modulen zu versorgen, sondern ebenso eine pünktliche Fahrzeugauslieferung an den späteren Endkunden sicherzustellen. Die Aufgabenstellungen werden in diesem Zusammenhang immer komplexer infolge weltweiter Beschaffungs- und Absatzmärkte. Heute gehört es zum logistischen Alltagsgeschäft, beispielsweise Kabelbäume aus Rumänien bereits in der richtigen Verbaureihenfolge nach Deutschland zu liefern oder den Versand eines fertiggestellten Fahrzeuges nach Mexiko vorzubereiten. Die Abhängigkeit von funktionierenden Prozessen wird nicht zuletzt durch die zunehmende Verschlankung der Logistikketten vergrößert, was sich etwa in der stetigen Reduzierung von Sicherheitsbeständen in den einzelnen Wertschöpfungsstufen widerspiegelt. Allerdings lassen sich mittlerweile Trends erkennen, die entgegen dem bis dato existierenden Globalisierungsgedanken eine Entwicklung hin zu regionalen Zuliefer- und Distributionsströmen aufzeigen. Dadurch werden sich die Anforderungen an die Gestaltung und Abwicklung von Logistikketten verändern. Neue Logistikprozesse sind ferner zu erwarten durch den Einsatz umwelt-

freundlicherer Transportmittel und die fortschreitende Popularität des Car-Sharing-Marktes. Jener wird in Zukunft unter anderem intelligente Konzepte erfordern, die sich damit beschäftigen, die von den Kunden in einem zulässigen Umkreis abgestellten Fahrzeuge zunächst über eine GPS-Ortung zu identifizieren und anschließend an zentrale Sammelstellen zurück zu befördern.

Um den aktuellen Entwicklungen und zukünftigen Trends in der Automobil- und Logistikbranche gerecht werden zu können, wird in der Literatur vielfach der Bedarf nach einer Neuausrichtung und ganzheitlichen Optimierung der Wertschöpfungsketten geäußert (siehe zum Beispiel [Bec-2005, S. 20f.], [Geh-2007, S. 13], [Göp-2012, S. 18f.], [KPM-2010, S. 4], [Nyh-2007, S. 244]). Es gilt sowohl die Effektivität als auch die Effizienz von Logistikketten zu erhöhen. Auf diese Weise können in erheblichem Ausmaß Kosten eingespart werden. Nach Wildemann führt eine Halbierung der Logistikkosten zu einer Verbesserung der Umsatzrendite um mindestens 20 Prozent. Neben Kostenvorteilen steigen auch die logistischen Leistungen, welche sich zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor entwickelt haben [Wil-1997, S. 1ff.]. Die Zielsetzung im Rahmen einer Optimierung von unternehmensübergreifenden Lieferketten liegt in der Realisierung synchroner und schlanker Prozesse [Mei-2009a, S. 283]. Wichtig ist dabei die Tatsache, neben der ständigen Verbesserung des physischen Materialflusses ebenso einen optimalen Kommunikationsfluss im Blick zu haben [Hup-2012, S. 249].

Eine Grundvoraussetzung für die Identifikation von Optimierungspotentialen liegt in der Schaffung von Transparenz über sämtliche Abläufe in einer Prozesslandschaft. Als Hilfswerkzeug hierzu wurden in diesem Kapitel standardisierte Logistikfunktionen präsentiert, womit eine Logistikkette sowohl inner- als auch zwischenbetrieblich vollumfänglich abgebildet werden kann (siehe Fallbeispiel in Abschnitt 6.2). Im nächsten Kapitel wird mit der Lean-Philosophie eine theoretische Basis geliefert für das Erkennen und Beseitigen von Schwachstellen bzw. Verschwendungen im Ausgangszustand.

### **3 Stand der Wissenschaft und Praxis**

Eine weitreichende Lösungsmöglichkeit zur Optimierung von Logistikketten liegt in der Anwendung der Prinzipien und Methoden einer schlanken Logistik. Wenngleich der Begriff „Lean Logistics“ gerade im automobilen Umfeld mittlerweile häufig als Modeerscheinung anmutet, so beruht dessen Grundphilosophie dennoch auf einer langen Entstehungsgeschichte. Über Jahrzehnte hinweg wurden Ansätze einer schlanken Denkweise aus der Praxis heraus entwickelt, erweitert und verfeinert. Auch die Wissenschaft fand darin ein interessantes und faszinierendes Beschäftigungsfeld, welches bis heute nicht erschöpft ist und weiterhin Raum für zahlreiche Forschungsaktivitäten bietet. In diesem Kapitel sollen die Grundsätze einer schlanken Logistik aus dem Blickwinkel der Wissenschaft und Praxis erörtert werden, da sie die Grundlage bilden für die Ergebniserarbeitung im Rahmen der vorliegenden Dissertation.

Zunächst werden in Abschnitt 3.1 die Hintergründe sowie die Historie eines schlank geführten Unternehmens vorgestellt. Hierzu wird auf die japanischen Wurzeln des Lean-Gedankens, welche auf die Entwicklung des Toyota-Produktionssystems in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts zurückgehen, näher eingegangen. In diesem Zuge werden auch die fundamentalen Elemente der bei Toyota zugrunde liegenden Produktionsphilosophie erläutert. Weiterhin wird aufgezeigt, wie der ursprüngliche Fokus auf die Produktion im Laufe der Zeit sukzessive auf andere Unternehmensbereiche ausgeweitet wurde, so dass sich inzwischen der Begriff „Lean Management“ etabliert hat. Ein wesentlicher Bestandteil davon ist die schlanke Logistik, deren Eigenschaften und Ziele in Abschnitt 3.2 dargelegt werden. Es wird dabei konkret die Bedeutung von „schlank“ im Kontext der Logistik geklärt. Zu diesem Zweck wird sowohl auf deutsch- als auch englischsprachige Literatur zurückgegriffen. Ferner werden verschiedene Prinzipien von Lean Logistics beschrieben, auf deren Basis in Kapitel 4 später die Prinzipien für schlanke Schnittstellenprozesse abgeleitet werden.

#### **3.1 Lean Management als Philosophie für effektive und effiziente Prozesse**

Um die eigene Wettbewerbsposition nachhaltig sichern und gegenüber der globalen Konkurrenz weiter ausbauen zu können, bedarf es – wie in Kapitel 2.5 zusammengefasst – der Ausschöpfung zahlreicher Optimierungspotentiale entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Eine Revolution in diesem Zusammenhang stellte

der aus Japan stammende Ansatz einer schlanken Produktion dar. Allerdings reicht es heute bei weitem nicht mehr aus, ein Unternehmen lediglich punktuell zu verbessern. Vielmehr kann eine Leistungsdifferenzierung gegenüber den Wettbewerbern nur dadurch erreicht werden, indem die Effektivität und Effizienz in sämtlichen Bereichen – angefangen bei der Produktion über die Logistik bis hin zu administrativen Abläufen – stetig überprüft und optimiert werden. Eine entsprechende Grundlage hierfür liefert die Philosophie des Lean Managements, deren Entwicklungspfad nachfolgend geschildert wird.

### 3.1.1 Das schlanke Produktionssystem

Mit der Idee eines schlanken Produktionssystems wurde ein völlig neuer Weg zur Herstellung von Gütern beschritten. Der ursprüngliche Begriff „Lean Production“ wurde durch John Krafcik, einem Forscher am Massachusetts Institute of Technology (MIT), geprägt. Dort wurde 1985 mit dem International Motor Vehicle Program (IMVP) eine Untersuchung in der Automobilindustrie gestartet, worin das System der Massenproduktion in Nordamerika und Europa mit dem neuartigen Produktionssystem japanischer Unternehmen verglichen wurde. Dieses Programm erstreckte sich über einen Zeitraum von fünf Jahren, in denen alle Stufen eines automobilen Produktionsprozesses analysiert wurden:

- Produktentwicklung und Konstruktion
- Zulieferersystem
- Produktion in der Fabrik
- Vertriebs- und Händlersystem

Insgesamt wurden 90 Montagewerke in 15 Ländern untersucht und dabei 116 Forschungsberichte verfasst. Das internationale Team unter der Leitung von Jim Womack, Dan Jones und Dan Roos bestand aus Forschern, die aus der Industrie stammten und somit neben einer wissenschaftlichen Arbeitsweise ebenso über einen entsprechenden Praxisbezug verfügten [Wom-1994, S. 7ff.].

Die Ergebnisse des IMVP wurden 1990 im Rahmen einer Studie unter dem Titel „The Machine That Changed the World“ veröffentlicht. Die wesentliche Erkenntnis daraus war, dass sich in allen Teilbereichen der Automobilfertigung erhebliche Leistungsunterschiede zwischen amerikanischen bzw. europäischen und japanischen Herstellern feststellen ließen. Letztere übertrafen die westlichen Hersteller zum Teil

### 3.1 Lean Management als Philosophie für effektive und effiziente Prozesse

erheblich in puncto Personalaufwand, Durchlaufzeit, Bestandsvolumen, Produktivität und Qualität (siehe Tabelle 3-1). Die Japaner waren demnach nicht nur schneller und produktiver, sondern lieferten zudem eine höhere Qualität bei deutlich niedrigeren Beständen ([Pfe-1994, S. 9ff.], [Wom-1994, S. 97ff.]).

	Vergleichskriterium	Einheit	Japanische Hersteller	Amerikanische Hersteller	Europäische Hersteller
Entwicklung	Personalaufwand je neues Auto	Mio. Ingenieur-Stunden	1,7	3,1	3,1
	Anteil übernommener Teile	%	18,0	38,0	30,0
	Werkzeugentwicklungszeit	Monate	13,8	25,0	28,0
	Pilotserie-Vorlaufzeit	Monate	6,2	12,4	10,9
Zuliefersystem	Maschinenbedienung beim Zulieferer	Maschinen/ Mitarbeiter	7,4	2,5	2,7
	Lagerbestand	Tage	1,5	8,1	16,3
	Konstruktion durch Zulieferer	% der Gesamtstunden	51	14	35
	Zulieferer-Volumen	Zulieferer/ Montagewerk	170	509	442
	JIT-Lieferung	% der Teile	45,0	14,8	7,9
Produktion	Produktivität	Stunden/ Auto	16,8	25,1	36,2
	Qualität	Montagefehler/ 100 Autos	60,0	82,3	97,0
	Lagerbestand	Tage	0,2	2,9	2,0
	Arbeiter in Teams	%	69,3	17,3	0,6
	Abwesenheit der Arbeiter	%	5,0	11,7	12,1
Vertrieb	Auslieferungslagerbestand	Tage	21	66	66
	Händler-Volumen	Händler/ Firma	300	2000	7500

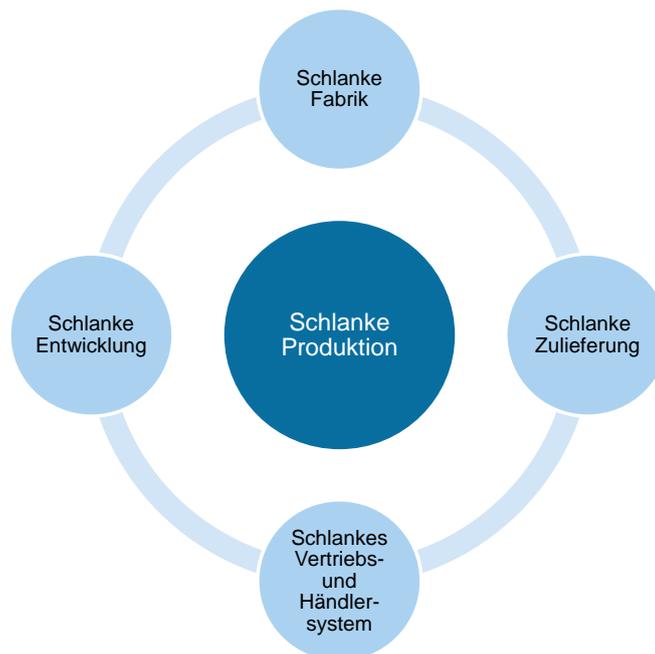
**Tabelle 3-1: Vergleich japanischer, amerikanischer und europäischer Automobilhersteller (in Anlehnung an [Pfe-1994, S. 9ff.], [Wom-1994, S. 97ff.]**

Der Schlüssel zum Erfolg lag für die japanischen Unternehmen in einem schlanken Produktionssystem, welches sich über Jahrzehnte entwickelte und die Vorteile einer handwerklichen Fertigung mit denen einer Massenfertigung kombinierte. Ein Handwerksbetrieb zeichnet sich dadurch aus, dass mit Hilfe von hochqualifizierten Arbeitern und flexiblen Werkzeugen genau das Gut produziert wird, welches der Kunde bestellt hat. Nachteilig daran sind die verhältnismäßig hohen Kosten, was zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts zur Entwicklung der Massenfertigung führte. Diese Fertigungsmethode ist durch den Einsatz teurer Spezialmaschinen gekennzeichnet, die von ungelernten oder angelernten Arbeitern bedient werden zur Herstellung von Standardprodukten in sehr großen Mengen. Diese Güter werden über einen langen Zeitraum gefertigt, da die Umstellung auf ein neues Produkt hohe

Kosten verursacht. Zur Erzielung reibungsloser Abläufe in der Produktion werden ferner zahlreiche materielle und personelle Puffer im Prozess vorgehalten. Summa summarum ergeben sich für den Kunden günstigere Produkte, jedoch in begrenzter Vielfalt.

Eine schlanke Produktion schafft hingegen den Spagat zwischen vielseitig ausgebildeten Arbeitskräften sowie hochflexiblen, zunehmend automatisierten Maschinen auf der einen Seite und der Vermeidung hoher Kosten auf der anderen Seite durch ein hohes Produktionsvolumen bei großer Variantenvielfalt. Charakteristisch dabei ist der permanente Perfektionsgedanke, der sich im Streben nach kontinuierlich sinkenden Preisen, null Fehlern, keinen Lagerbeständen und beliebiger Produktvielfalt äußert [Wom-1994, S. 18ff.]. Zusammenfassend ist eine schlanke Produktion nach Womack et al. „ein überlegener Weg für die Menschen, Güter herzustellen. Sie bringt bessere Produkte in größerer Vielfalt zu niedrigeren Kosten hervor“ [Wom-1994, S. 236].

Zu einem der wesentlichen Bestandteile eines schlanken Produktionssystems zählt – wie Abbildung 3-1 zu entnehmen ist – die **schlanke Fabrikgestaltung**, welche die Basis schafft für die Erzielung einer hohen Qualität bei einer zugleich hohen Produktivität in der Fertigung. Als wichtige Voraussetzung hierfür gilt eine schlanke Organisation, in der einerseits ein Großteil der Aufgaben und Verantwortlichkeiten auf jene Personen übertragen wird, die die tatsächliche Wertschöpfung am Produkt erbringen. Andererseits bedeuten schlanke Organisationsstrukturen auch, ein System zu implementieren, welches Fehler im Prozess entdeckt und bei der Ursachenidentifikation unterstützt. Weitere organisatorische Erfolgsfaktoren liegen in der Teamarbeit und einem einfachen, aber umfassenden Informationssystem [Wom-1994, S. 96ff.].



**Abbildung 3-1: Bestandteile eines schlanken Produktionssystems**

Das zweite Element einer schlanken Produktion ist die **schlanke Zulieferung**, die in erster Linie durch eine vertrauensvolle, faire und transparente Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Zulieferern gekennzeichnet ist. Beide Parteien vereinbaren dabei nach der Festlegung eines Zielpreises für ein Produkt, zu welchen Kosten der fixierte Preis realisiert werden kann. Um diese möglichst gering zu halten und einen vernünftigen Gewinn sowohl für den Hersteller als auch den Zulieferer zu erzielen, analysieren sie gemeinsam akribisch den Produktionsprozess des Zulieferers mit der Intention, Potentiale zur Kostenreduktion und Qualitätsverbesserung zu entdecken. Ebenso wird eine Kostensenkungskurve über den Produktionszyklus des Produktes bestimmt. Der Anreiz für den Zulieferer zur Schaffung schneller und kontinuierlicher Verbesserungen in seinem System besteht darin, dass er von sämtlichen Kosteneinsparungen, die über das vereinbarte Maß hinausgehen, vollumfänglich profitiert. Deswegen organisieren sich viele japanische Zulieferer auch in Verbänden, wo ein gegenseitiger Informationsaustausch über neue und bessere Produktionsmethoden stattfindet [Wom-1994, S. 156ff.].

Neben einem schlanken Zuliefersystem ist ebenso ein **schlankes Vertriebs- und Händlersystem** essentiell. In Japan erfolgt die strukturelle Anbindung der Kunden an die Automobilhersteller mehrstufig. Jene teilen ihr gesamtes Fahrzeugangebot zunächst einmal auf mehrere Vertriebskanäle auf, die verschiedene Käufergruppen ansprechen sollen. Jeder Kanal wiederum verfügt über ein Netz aus Händlern, über

welche die Fahrzeuge letztlich an die Kunden verkauft werden. Die Kanäle sind dabei eng mit dem Hersteller verzahnt. Das äußert sich nicht zuletzt darin, dass sie unmittelbar in den Produktentwicklungsprozess eingebunden sind, indem sie Verbraucherinformationen liefern. Auf der anderen Seite bieten die Vertriebskanäle ein umfassendes Schulungsprogramm für die Händler, was sich in einer vielseitigen Ausbildung des Verkaufspersonals niederschlägt. Dieses ist bei jedem Händler in Form von mehreren Teams – bestehend aus sieben oder acht Mitarbeitern – organisiert. Da das Vertriebssystem in Japan von einem aktiven Charakter geprägt ist, gehen die einzelnen Team-Mitglieder beim Verkauf direkt auf den Kunden zu. Dieser bestellt nicht selten an seiner eigenen Haustür ein nach persönlichen Vorstellungen konfiguriertes Fahrzeug. Mit dessen Verkauf ist die Verbindung zwischen dem Vertreter und dem Kunden jedoch nicht beendet. Vielmehr geht deren Beziehung weit darüber hinaus, indem sich der Vertreter zum Beispiel um die spätere Abwicklung von Kundendiensten kümmert oder die Kommunikation mit der Versicherungsgesellschaft bei einem Schadensfall übernimmt. Neben der hohen Kundenorientierung weist das schlanke Vertriebs- und Händlersystem eine große Flexibilität auf. So besteht die Möglichkeit, Produktionspersonal zeitweilig in den Vertrieb zu versetzen bei stark nachlassender Nachfrage und unausgelasteten Werken [Wom-1994, S. 188ff.].

Als letztes Element eines schlanken Produktionssystems lässt sich die **schlanke Produktentwicklung und Konstruktion** anführen, deren Erfolgsfaktoren in den Bereichen Führung, Teamarbeit, Kommunikation und simultaner Entwicklung liegen. Innerhalb der Projektorganisation ist es von großer Bedeutung, den Teamleiter mit einer großen Macht sowie Autorität auszustatten. Dessen Verantwortung liegt darin, ein neues Produkt zu entwerfen und zu konstruieren mit dem Ziel, es später in die Produktion zu bringen. Das Entwicklungsteam setzt sich aus Mitarbeitern unterschiedlichster Fachabteilungen zusammen, welche für die gesamte Projektdauer dem Teamleiter unterstellt sind. Einen positiven Einfluss auf das Gesamtergebnis hat dabei eine Kontinuität im Team mit wenig Personalwechsel. Entscheidend ist ebenso eine offene und frühzeitige Kommunikation. Deswegen gilt es, zu Beginn ein gemeinsames Projektverständnis zu schaffen, Entscheidungen über Ressourcen und Prioritäten zu fällen und wichtige Diskussionspunkte zu klären. Dazu bedarf es der Einbindung aller relevanten Fachbereiche. Ein letzter Aspekt, der zu einer deutlichen Reduzierung der Entwicklungszeit führt, ist die zeitliche Überlappung von ursprünglich sequenziellen Arbeitsabläufen. Beispielsweise können die Prozesse der Werkzeugherstellung und Karosseriekonstruktion zeitgleich starten,

wenn die beteiligten Konstrukteure in einem intensiven Austausch stehen [Wom-1994, S. 117ff.]. In Ergänzung dazu führt Lindemann zwei weitere Erfolgsfaktoren einer schlanken Produktentwicklung an. Zunächst weist er auf die Notwendigkeit eines signifikanten Veränderungsprozesses innerhalb der Organisation hin, der im Zuge der Einführung einer Lean-Philosophie im Bereich der Produktentwicklung vollzogen werden muss. Ein erster wesentlicher Schritt in diesem Kontext ist die Einbeziehung des Top-Managements, von welchem eine kontinuierliche Sensibilisierung und Unterstützung insbesondere bei der Kommunikation gefordert wird. Entscheidend ist ebenso, dass das Lean-Kernteam Mitglieder aus unterschiedlichen Hierarchieebenen umfasst und selbst auch entsprechende Maßnahmen definiert sowie umsetzt. Wichtig für den Erfolg einer Lean-Einführung ist außerdem die Einbindung der operativen Mitarbeiter [Lin-2013a, S. 897ff.]. Neben den aufgezeigten Ansätzen des Change Managements stellt Lindemann die hohe Bedeutung von Informationen in der Produktentwicklung heraus. Da der Wertstrom innerhalb eines Produktentwicklungsprozesses einen Informationsfluss beschreibt, gilt es den Wert von Informationen zu erhöhen mit dem Ziel, stets die richtigen Informationen zur richtigen Zeit und im richtigen Format bereitzustellen. Zugleich müssen Verschwendungen entlang eines Informationsflusses eliminiert werden, indem keinerlei Informationen geschaffen, umgewandelt oder übertragen werden, welche nicht zur Erfüllung der Kundenanforderungen beitragen [Lin-2013b, S. 809ff.].

Im Rahmen eines kleinen Resümees lässt sich festhalten, dass ein vollständiges schlankes Produktionssystem nach Womack et al. nicht nur die Fertigungsschritte in einer Fabrik enthält, sondern gleichermaßen die Zuliefer- und Vertriebssysteme sowie die Produktentwicklung einschließt. Ferner lassen sich die Grundsätze einer schlanken Produktion von der Automobilindustrie auf jede andere Branche übertragen [Wom-1994, S. 13f.].

#### **3.1.2 Entwicklung des schlanken Produktionssystems**

Die Grundsätze der schlanken Produktion lassen sich auf eine Fertigungsphilosophie zurückführen, die Toyota nach dem zweiten Weltkrieg in Japan entwarf. Mit dem maßgeblich von Taiichi Ohno entwickelten Toyota-Produktionssystem (TPS) sollte auf die damals vorliegenden Produktivitätsdefizite japanischer Unternehmen im Vergleich zu amerikanischen reagiert werden. Der Automobilhersteller Ford war zu jener Zeit etwa zehn Mal so produktiv wie Toyota. Dieser Umstand veranlasste deren Präsidenten Kiichiro Toyoda zu der Forderung, Amerika innerhalb der nächsten drei Jahre einzuholen, da ansonsten die japanische Automobilindustrie nicht

überleben würde. Die Strategie für Toyota lag darin, das amerikanische System der Massenproduktion auf japanische Verhältnisse anzupassen. Eine blinde Systemübertragung erschien nicht sinnvoll, da in Japan andere Rahmenbedingungen als in den USA vorlagen. Während der amerikanische Markt durch ein hohes Produktionsvolumen und eine begrenzte Anzahl an Fahrzeugmodellen gekennzeichnet war, stand Toyota vor der Herausforderung, einen kleinen Markt mit sehr unterschiedlichen Modellen in geringer Stückzahl zu bedienen. Aus diesem Grund betrachtete Toyota den Ansatz der Massenproduktion, wonach die Kosten eines Fahrzeuges mit zunehmender Stückzahl sinken, als nicht zielführend. Stattdessen galt es ein Produktionssystem zu schaffen, welches den japanischen Marktbedingungen in optimaler Weise gerecht wird.

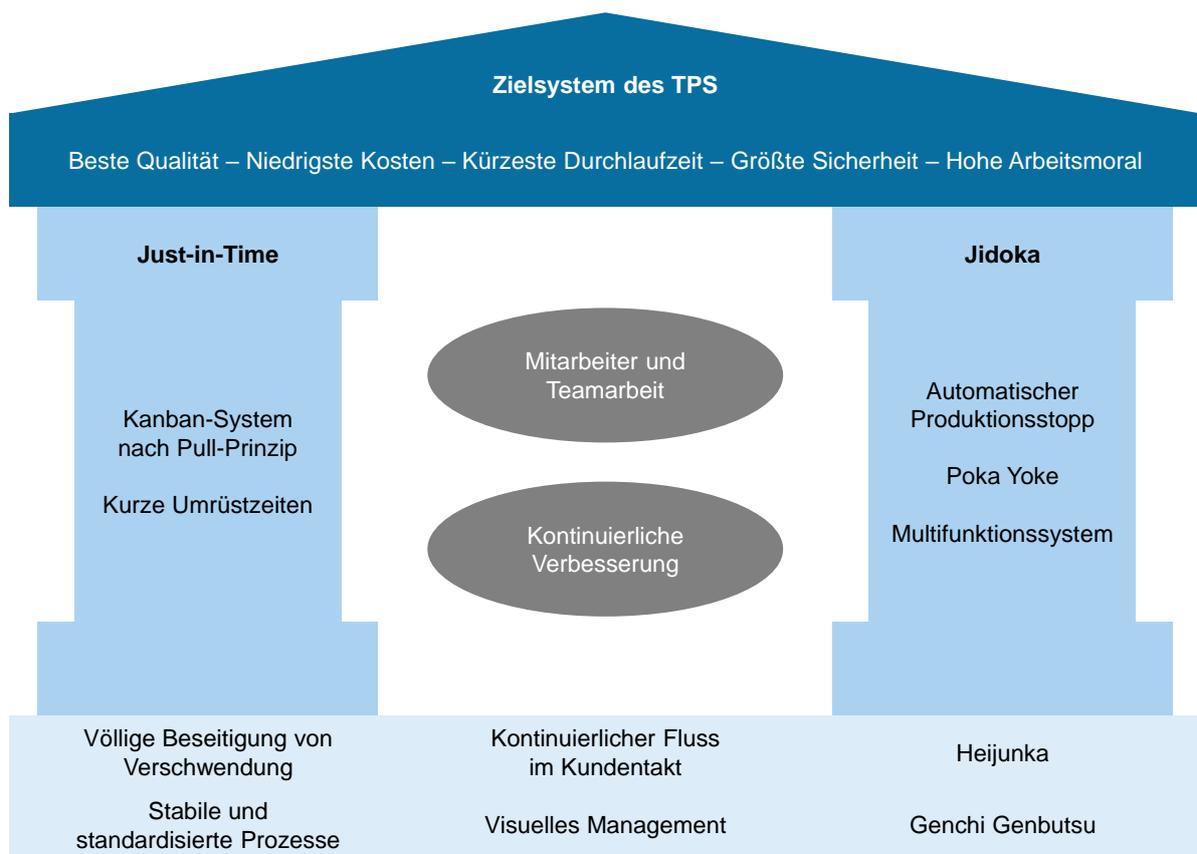
Der erste Schritt hierzu lag darin, die amerikanische Produktionsweise und deren Methoden näher kennenzulernen. Zu diesem Zweck wurden Studienreisen in die USA unternommen zur Besichtigung zahlreicher Fertigungsstätten vor Ort. Man gewann dabei die Erkenntnis, dass die inspizierten Werke deutliche Schwächen aufwiesen. Neben einer erheblichen Überproduktion und hohen Umlaufbeständen beobachteten die Japaner eine große Ressourcenverschwendung, holprige Prozesse und eine schlechte Organisation in einigen Arbeitsbereichen. Man registrierte also ein erhebliches Verbesserungspotential. Im Jahre 1950 wurde Taiichi Ohno, damals Werksleiter bei Toyota, schließlich damit beauftragt, den eigenen Fertigungsprozess derart zu verbessern, dass das Produktivitätsniveau von Ford erreicht wird. Auch Ohno startete seine Mission mit mehreren Besuchen amerikanischer Fertigungsbetriebe, um einerseits einen Wettbewerbsvergleich anzustellen und andererseits jene Aktivitäten herauszufinden, die für das Produkt einen Mehrwert aus Sicht des Kunden erzeugten. Für Ohno stand am Ende fest, Fords ursprüngliches Konzept von einem stetigen Materialfluss als Grundlage zu verwenden für ein flexibles und effizientes One-Piece-Flow-System.

Das Toyota-Produktionssystem, wie es heute in der Literatur beschrieben wird, hat sich schrittweise über Jahrzehnte durch eine Vielzahl an praktischen Erfahrungen entwickelt. In den 1960er Jahren begann Toyota, auch deren Zulieferer in den TPS-Prinzipien zu schulen. In vielen anderen japanischen Unternehmen dominierte zu dieser Zeit hingegen die Massenproduktion nach amerikanischem Vorbild, deren Erfolg in erster Linie auf das sehr starke Wirtschaftswachstum in Japan ab 1959 bzw. 1960 zurückzuführen war. Die Ausweitung des TPS auf andere japanische Unternehmen erfolgte erst im Anschluss an die erste Ölkrise im Herbst 1973. In der

nachfolgenden Rezession zeigte sich Toyota deutlich stabiler als viele andere Firmen, was die japanische Regierung dazu bewog, TPS-Seminare in der Folge zu organisieren. In den 1990er Jahren wurde das TPS schließlich über die IMVP-Studie an die weltweite Fertigungsindustrie herangetragen ([Lik-2007, S. 30ff.], [Ohn-2009, S. 32ff.]).

#### **3.1.3 Elemente des Toyota-Produktionssystems**

Im Zuge der Übertragung des Toyota-Produktionssystems auf die Zulieferer fasste Fujio Cho, ein damaliger Schüler Ohnos, dessen wesentliche Elemente in einem symbolhaften Bild zusammen. Als Darstellungsform wählte er ein Haus, welches nur dann stabil ist, wenn sein Dach, die tragenden Säulen sowie das Fundament stabil sind. In Analogie dazu hängt auch die Stabilität und Stärke des TPS entscheidend vom Zusammenspiel aller Einzelelemente ab [Lik-2007, S. 64f.]. In der Fachliteratur existieren unterschiedlichste Versionen des TPS-Hauses, wobei allen die gleiche Struktur zugrunde liegt. Abbildung 3-2 zeigt eine Variante davon in Anlehnung an Liker und Ohno.



**Abbildung 3-2: Das Toyota-Produktionssystem**  
(in Anlehnung an [Lik-2007, S. 64ff.], [Ohn-2009, S. 35ff.] )

Im Dach des Hauses ist das Zielsystem von Toyota verankert mit seinen Einzelzielen beste Qualität, niedrigste Kosten, kürzest mögliche Durchlaufzeiten, größte Sicherheit und hohe Arbeitsmoral. Um jene zu erreichen, bedarf es zunächst einer Reihe von Grundbausteinen, welche das Fundament des Hauses bilden. Als oberste Maxime im TPS gilt hierbei die **völlige Beseitigung von Verschwendung**. In der ursprünglichen Fassung des TPS werden sieben Arten der Verschwendung – in Japan als Muda bezeichnet – unterschieden, nämlich

- in Form von Überproduktion,
- in Form von Wartezeiten,
- beim Transport,
- bei der Bearbeitung selbst,
- im Lager,

- in Form überflüssiger Bewegungen und
- in Form von defekten Produkten.

Liker sieht ergänzend hierzu ungenutzte Kreativitätspotenziale der Mitarbeiter als eine weitere Form der Verschwendung an. Um Verschwendung in einem Prozess erkennen zu können, empfiehlt es sich, diesen aus der Sicht des Kundennutzens zu betrachten. Man sollte sich dabei stets die Frage stellen, welche der Prozessschritte einen Mehrwert für den Kunden erzeugen. Bei jenem kann es sich um einen internen Kunden in der nächsten Prozessstufe oder aber den externen Endkunden handeln. Die einzelnen Schritte entlang eines Wertstromes werden in drei Leistungskategorien eingeteilt. Zum einen lassen sich Tätigkeiten identifizieren, die eine eindeutige Wertschöpfung erbringen (zum Beispiel Füge- oder Montagevorgänge) und demzufolge als Nutzleistung angesehen werden. Zum anderen gibt es Prozessschritte, die keinen Mehrwert generieren. Hierbei spricht man von einer Blindleistung, die es zu vermeiden gilt. Darüber hinaus existieren Tätigkeiten, welche zwar nicht wertsteigernd sind, aber unter den gegebenen Bedingungen – etwa aufgrund der verwendeten Technologie – unumgänglich sind. Unter diese Scheinleistung fallen beispielsweise Vorgänge im Rahmen der Qualitätssicherung. Deren Zeiteile müssen auf ein Minimum reduziert werden ([Lik-2007, S. 57ff.], [Ohn-2009, S. 50ff.], [Wom-2004, S. 28f.]).

Das zweite Grundelement des TPS liegt in der Realisierung eines **kontinuierlichen Fertigungsflusses**, womit sich die Verschwendung in Form von Teilelagerungen eliminieren lässt. Die Flussgeschwindigkeit orientiert sich dabei an dem Takt, der durch die Kundennachfrage vorgegeben wird. Dieser sogenannte **Kundentakt** definiert sich wie folgt ([Lik-2007, S. 65], [Ohn-2009, S. 46ff.]):

$$\text{Kundentakt} = \frac{\text{Arbeitsstunden}}{\text{Benötigte Tagesmenge}}$$

Eine weitere zentrale Anforderung besteht darin, den Fertigungsfluss nicht nur stetig, sondern ebenso gleichmäßig zu gestalten im Hinblick auf die beiden Faktoren Produktionsvolumen und Produktmix. Bei Toyota wird jenes Prinzip **Heijunka bzw. Produktionsnivellierung** genannt. Um der Forderung nach einer ausgeglichenen Fertigung gerecht zu werden, müssen Produktionsspitzen gesenkt und zugleich die Täler in entsprechender Weise angehoben werden. Dadurch schafft man die Voraussetzung für eine stabile Produktion bei niedrigen Beständen. Mit einer gleich-

mäßigen Verteilung der Produkte geht auch eine Reduzierung der Losgrößen einher. Als ideal wird der sogenannte One-Piece-Flow mit Losgröße eins angesehen. Hierbei wird immer nur jeweils eine Einheit hergestellt ([Lik-2007, S. 64f.], [Ohn-2009, S. 71]).

Eine stabile Produktion erfordert jedoch – neben Heijunka – auch die Schaffung **zuverlässiger und standardisierter Prozesse**, um zu verhindern, dass ein System ständig unterbrochen wird. Eine Maßnahme hierzu stellt die vorbeugende Instandhaltung dar, welche auch als Total Productive Maintenance (TPM) bezeichnet wird. Dieser präventive Ansatz soll bei der Beseitigung anlagenbedingter Probleme helfen, indem alle Mitarbeiter im Rahmen des Tagesgeschäftes regelmäßig ihre Maschinen reinigen, inspizieren und warten. Ein zweites unterstützendes Instrument sind Standard-Arbeitsverfahren. Jene gilt es sukzessive zu entwickeln und in verständlicher Form zu dokumentieren. Jedes Standard-Arbeitsverfahren ist über folgende Größen und Eigenschaften definiert:

- Taktzeit: Vorgesehene Zeit zur Herstellung eines Werkstücks bzw. einer Einheit (vgl. Kundentakt)
- Arbeitsabfolge: Reihenfolge der Arbeitsschritte, in der ein Werkstück bearbeitet werden muss
- Standard-Lagerbestand: Mindestlager an Halbfabrikaten, welche für die einzelnen Arbeitsschritte notwendig sind

Der strikten Einhaltung von standardisierten Arbeitsverfahren misst Ohno eine große Bedeutung bei, indem er in einer ungenügenden Standardisierung eine Ursache für die Herstellung defekter Produkte sieht ([Lik-2007, S. 64ff.], [Ohn-2009, S. 53ff.], [Yag-2007, S. 215]).

Um die erstellten Standard-Arbeitsabläufe wirksam in die Praxis umzusetzen, bringt Toyota diese deutlich sichtbar an jedem Arbeitsplatz an. Als ein Beispiel innerhalb des **visuellen Managements** trägt es dazu bei, die Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit im TPS zu fördern. Das Hauptziel des visuellen Managements liegt darin, Abweichungen von einem Normalzustand und somit Schwachstellen für jeden Betrachter aufzuzeigen. Ein anderes effektives Werkzeug hierzu sind Andon-Anzeigen, die über ein optisch-akustisches Signalsystem Störungen melden ([Ohn-2009, S. 53], [Yag-2007, S. 196ff.]).

Nachdem ein anormaler Zustand erkannt wurde, kommt ein wichtiger TPS-Grundsatz zum Tragen, der besagt, eine Wiederholung des Problems konsequent auszuschließen. Um das zu gewährleisten, muss man sich die Situation selbst vor Ort anschauen, um ein umfassendes Problemverständnis zu erhalten. Toyota nennt dieses Prinzip **Genchi Genbutsu**. Bei der Lösungsfindung ist es anschließend entscheidend, an die Wurzeln eines Problems zu gehen. Durch fünfmaliges Fragen nach dem „Warum“ („5 Why's“) können die wahren Ursachen identifiziert und nachhaltig bekämpft werden ([Ohn-2009, S. 11ff.], [Lik-2007, S. 75]).

Mit den beschriebenen sechs Grundelementen wird die Basis geschaffen für den Aufbau der beiden tragenden Säulen im TPS-Haus: Just-in-Time (JIT) und Jidoka. Der **Just-in-Time-Gedanke** kann umschrieben werden als die Bereitstellung der vom Kunden benötigten Teile zur rechten Zeit in der richtigen Menge. Um diesen Ansatz verwirklichen zu können, bedarf es einer Produktionsphilosophie, die nach dem nachfrageorientierten **Pull-Prinzip** funktioniert. Demnach entnimmt immer der nachgelagerte Arbeitsschritt bei seinem vorgelagerten die benötigte Teilemenge genau zum Zeitpunkt des Bedarfs. Im Anschluss produziert der vorgelagerte Arbeitsschritt lediglich die entnommene Menge nach. Auf jene Weise werden alle Glieder einer Materialflussskette miteinander gekoppelt und zeitlich aufeinander abgestimmt. Das Prinzip basiert auf der ursprünglichen Funktionsweise amerikanischer Supermärkte, wonach ein Kunde durch eine Warenentnahme aus dem Regal dessen sofortige Wiederauffüllung auslöst. Um einen zuverlässigen Informationsfluss zwischen den einzelnen Arbeitsgängen sicherzustellen, setzt das TPS auf den Einsatz von sogenannten **Kanban-Karten** als Kommunikationsmittel. Diese stellen einen Entnahme-, Transport- sowie Produktionsauftrag dar und liefern die hierzu relevanten Informationen. Ohne Kanban-Karte – also ohne expliziten Auftrag – ist eine Teileentnahme oder Produktion nicht zulässig. Alle Güter im Produktionsumlauf gilt es mit einem Kanban zu versehen, wobei auf eine insgesamt möglichst geringe Anzahl an Kanbans zu achten ist, um die Sensibilität bezüglich des Aufdeckens von Problemen zu erhöhen. Ohno sieht in der Anwendung des Kanban-Systems eine vollständige Vermeidung von Überproduktion sowie überflüssigem Transport. Mit dessen Implementierung begann Toyota im Jahre 1953. Es dauerte aber knapp zehn Jahre, bis es unternehmensweit eingeführt war. Die Tatsache, dass sich die Fertigungslosgröße durch das Kanban-System reduziert, da immer nur die Entnahmemenge nachproduziert wird, mündet in eine höhere Umrüsthäufigkeit. Demzufolge sind **kurze Umrüstzeiten** ein weiterer entscheidender Aspekt des JIT-Ansatzes ([Lik-2007, S. 31ff.], [Ohn-2009, S. 35ff.]).

Der zweiten Säule des TPS-Hauses liegt die Philosophie zugrunde, dass ein Fehler niemals an den nächsten Prozessschritt weitergereicht werden darf und menschliche von maschineller Arbeit zu trennen ist. Aus diesem Grund setzt Toyota im Rahmen von **Jidoka**<sup>2</sup> auf Maschinen, die über ein eingebautes Prüfsystem verfügen, welches zwischen normalen und anormalen Zuständen unterscheiden kann. Ein auftretendes Problem führt daher zu einem **automatischen Anlagenstopp**. Zusätzlich werden an den Maschinen Vorkehrungen getroffen, um menschliche Flüchtigkeitsfehler physisch auszuschließen. Man spricht in diesem Zusammenhang von **Poka Yoke-Maßnahmen** (zu Deutsch „Narrensicherheit“). Somit wird die Herstellung von fehlerhaften oder defekten Produkten verhindert. Außerdem wird durch einen Anlagenstopp Aufmerksamkeit erregt und eine schnelle Problemlösung in die Wege geleitet, um rasch die Produktion wieder aufnehmen zu können. So werden Schwachstellen im Prozess nicht verdeckt, sondern offensiv angegangen. Das gleiche Prinzip gilt für manuell betriebene Fließbänder, wo die Mitarbeiter bei Unregelmäßigkeiten einen Bandstopp einleiten können. Dadurch, dass Anlagen bei Problemen selbstständig anhalten, können einem Mitarbeiter gleichzeitig mehrere – auch funktionell unterschiedliche – Maschinen zugewiesen werden. Diese Form der Maschinenbedienung bezeichnet Ohno als Multifunktionssystem ([Lik-2007, S. 64f.], [Ohn-2009, S. 38ff.], [Yag-2007, S. 209]).

Die Schlüsselfaktoren des TPS sind jedoch – nach Aussage von erfahrenen Führungskräften von Toyota – die **Mitarbeiter** sowie die Kultur der **kontinuierlichen Verbesserung**. Daher bilden beide Elemente das Zentrum des TPS-Hauses. Es gilt die Fähigkeiten der Mitarbeiter vollständig zur Entfaltung zu bringen und deren Kreativität sowie Einfallsreichtum zu nutzen. Gleichermaßen stellt Ohno die große Bedeutung der **Teamarbeit** in der modernen Industrie heraus. Ein harmonisches Verhältnis unter den Arbeitern einer Gruppe zeichnet sich nicht zuletzt durch die Unterstützung in Verzug geratener Kollegen aus ([Lik-2007, S. 34], [Ohn-2009, S. 41ff.]).

---

<sup>2</sup> Der japanische Begriff Jidoka wird in der Literatur auch als autonome Automation, Autonomation oder Automation mit menschlichen Zügen umschrieben.

### 3.1.4 Begriffstransformation von Lean Production zu Lean Management

Im Laufe der Zeit hat der Begriff „Lean Production“ eine Entwicklung durchlaufen, so dass in der einschlägigen Literatur heute oftmals der Ausdruck „Lean Management“<sup>3</sup> vorzufinden ist. Inhaltlich hat sich durch die Begriffstransformation allerdings kaum etwas verändert, gleichwohl der Durchdringungsgrad der Lean-Ansätze in den letzten Jahren sowohl innerhalb einer Organisation als auch im Branchenumfeld stark gestiegen ist.

Im Rahmen seines Geleitwortes zur deutschen Ausgabe von „Das Toyota-Produktionssystem“ von Taiichi Ohno argumentiert Stotko die Begriffserweiterung von Lean Production zu Lean Management mit der Übertragung des ursprünglichen Konzeptes auf produktionsfremde Bereiche und andere Branchen [Ohn-2009, S. 7]. So beschreiben Womack und Jones im Jahre 2004 die fortschreitende Anwendung des Grundkonzeptes – über die Fertigung hinaus – auch auf Geschäfts-, Instandhaltungs- und Serviceprozesse. Zugleich lässt sich eine erfolgreiche Übertragung von der Automobilindustrie auf andere Industriezweige feststellen. Demnach sind Ansätze einer schlanken Denkweise sowohl in Dienstleistungsunternehmen als auch Krankenhäusern oder Versicherungen auf dem Vormarsch. Dies hat zur Folge, dass sowohl Produkte als auch Kunden mittlerweile deutlich weiter gefasst werden. Als Produkte werden nicht länger nur Fahrzeuge betrachtet, sondern ebenso Flüge, medizinische Behandlungen oder beispielsweise Menüs in einem Restaurant. Im Logistiksektor werden typische Dienstleistungen wie der Transport, die Einlagerung oder die Datenverwaltung von Waren als Produkte aufgefasst. Bei der Betrachtung des Kunden innerhalb eines Wertstromes ist es zudem wichtig, neben dem Endverbraucher auch die unternehmensinternen Empfänger von Teilprodukten oder Dienstleistungen zu fokussieren ([Hup-2012, S. 233f.], [Wom-2004, S. 9f.]).

Pfeiffer und Weiss sehen Lean Management als „permanente, konsequente und integrierte Anwendung eines Bündels von Prinzipien, Methoden und Maßnahmen zur effektiven und effizienten Planung, Gestaltung und Kontrolle der gesamten Wertschöpfungskette von (industriellen) Gütern und Dienstleistungen“ [Pfe-1994, S. 53]. Betont wird dabei – analog zur IMVP-Studie von Womack et al. – die Erzielung eines Gesamtoptimums im Wertschöpfungsnetzwerk. Demnach gilt es ein Lean-

---

<sup>3</sup> Womack und Jones verwenden alternativ zu „Lean Management“ wahlweise auch die Begriffe „Lean Thinking“ oder „Lean Enterprise“ (siehe [Wom-2004]).

Konzept nicht nur in den Produktionsbereichen umzusetzen, sondern in gleicher Weise die Zuliefer- und Absatznetzwerke miteinzubinden. Nicht ausgeschlossen werden dürfen zudem die Führungs-, Verwaltungs- und Organisationssysteme, die ebenso nach Lean-Prinzipien umzugestaltet sind. Als grundsätzliches Ziel des Lean Managements wird die Vermeidung von Verschwendung genannt und in deren Folge die kurz-, mittel- und langfristige Optimierung der Systemwirtschaftlichkeit [Pfe-1994, S. 4ff.].

Im Zuge der Weiterentwicklung der schlanken Denkweise ist eine Vielzahl an neuen Wortschöpfungen für Teilbereiche des Lean Managements entstanden. Die Bandbreite reicht dabei von Lean Logistics über Lean Development bis hin zu Lean Administration und Lean Maintenance. Abbildung 3-3 versucht die einzelnen Begriffe voneinander abzugrenzen und in einen Gesamtkontext zu stellen nach dem Verständnis dieser Arbeit. Demzufolge umfasst Lean Logistics als wesentlicher Kernbereich des Lean Managements sämtliche Versorgungs- und Bereitstellungsprozesse vom Lieferanten bis zur Fertigung bzw. Montage beim Hersteller. Zusätzlich ist auch der Versand der Fertigprodukte zu den Endkunden mit eingeschlossen. Sämtliche Abläufe im Produktionsumfeld beschreiben dabei das Themengebiet von Lean Production. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Fokus ausschließlich auf die Prozesse der schlanken Logistik innerhalb automobiler Wertschöpfungsketten gerichtet.

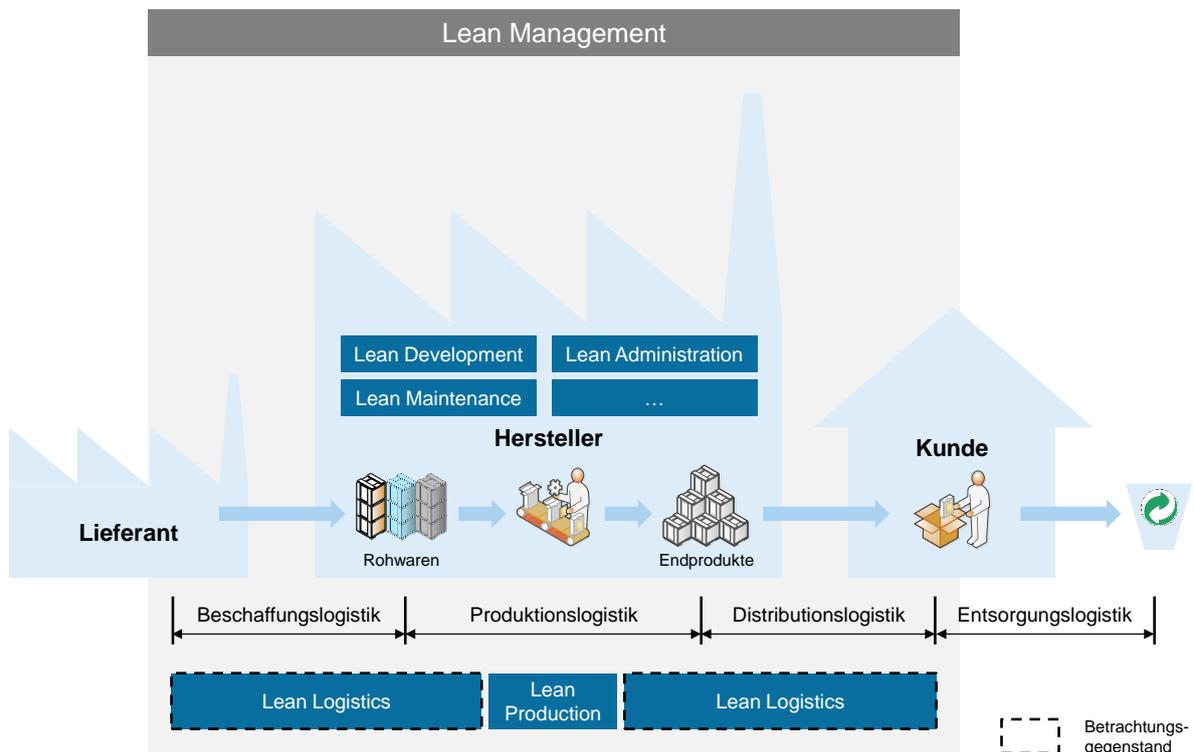


Abbildung 3-3: Verständnis von Lean Management im Rahmen der Arbeit

## 3.2 Schlanke Logistik

„Lean logistics takes its fundamental philosophy from the Toyota production system“ [Jon-1997, S. 170]. Vor diesem Hintergrund erscheint es nicht verwunderlich, dass der Logistik in der Literatur häufig jegliche Form der Wertschöpfung abgesprochen wird. Zumal Transporte und Lager als klassische logistische Funktionen zu den sieben Arten der Verschwendung im Toyota-Produktionssystem zählen (siehe Kapitel 3.1.3). Auch Liker betrachtet Transport- und Bereitstellvorgänge entlang einer Prozesskette als Zeitaufwände ohne Mehrwert. Auf der anderen Seite gilt die Logistik mit ihren unterstützenden Prozessen als unumgänglicher Bestandteil im Rahmen der Erfüllung eines Kundenauftrages. Außerdem schafft eine effiziente, kostengünstige und zuverlässige Materialversorgung die Voraussetzungen für eine schlanke Produktion ([Gün-2013, S. 4], [Lik-2007, S. 61], [Reu-2009, S. 54], [Wan-2010, S. 56]).

Nachfolgend werden die Philosophie und das Zielsystem einer schlanken Logistik näher spezifiziert sowie Prinzipien vorgestellt, welche die Grundlage für Lean Logistics bilden. In diesem Zusammenhang wird insbesondere auch eine Argumentation geliefert, wonach die Logistik durchaus einen Mehrwert für den Kunden generiert.

### 3.2.1 Definition und Ziele einer schlanken Logistik

In der deutschsprachigen Fachliteratur wird sich dem Thema Lean Logistics bis dato lediglich in überschaubarem Ausmaß gewidmet. Klug zum Beispiel definiert eine schlanke Logistik als „synchronisierte, flussorientierte und getaktete Logistik, die sich retrograd und ziehend am Kundenbedarf ausrichtet“ [Klu-2010, S. 254]. Die Zielsetzung liegt in der Entwicklung einer Hochleistungslogistik, welche sich durch kurze Durchlaufzeiten, eine hohe Flexibilität und stabile Prozesse auszeichnet [Klu-2010, S. 254]. Einen weiteren Effekt von Lean Logistics sehen Huppertz und Stühlen in einer nachhaltigen Kosteneinsparung [Hup-2012, S. 242].

Meißner und Günthner charakterisieren Lean Logistics als Steigerung von Effizienz und Effektivität in allen Logistikprozessen, um auf diese Weise jede Form der Verschwendung zu vermeiden. Mit anderen Worten formuliert bedeutet das, die vom Endkunden geforderte Leistung gezielt zu erfüllen und dabei den Einsatz der logistischen Ressourcen (Zeit, Material, Arbeitskraft und Energie) zu minimieren. Das erfordert eine konsequente Kunden- und Wertschöpfungsorientierung. Durch eine integrierte Betrachtung von Zulieferern, Logistikdienstleistern und Herstellern kann ein logistisches Gesamtoptimum im Rahmen der Leistungserbringung erreicht werden. Im Rahmen von Lean Logistics gilt es den Fokus nach Meinung von Meißner und Günthner auf folgende Aspekte zu legen:

- Beherrschung und Vermeidung der Vielfalt an Prozessen, Produkten sowie Schnittstellen
- Minimierung von Schnittstellenverlusten
- Reduzierung von Transport- und Lagerkosten
- Transparenz über alle Materialzustände und -bewegungen

Die Vision einer schlanken Logistik liegt in der Sicherstellung eines kontinuierlichen Materialflusses über die gesamte Prozesskette [Mei-2009a, S. 280f.].

Die englischsprachige Literatur verfügt über weitere Ansätze zur Beschreibung von Lean Logistics. Gilligan etwa bezeichnet eine schlanke Logistik als „strategy by which companies seek a level flow of material through a supply chain based on smaller, more frequent shipments, in support of one of the central tenets of lean manufacturing, which is to carry as little inventory as possible“ [Gil-2004, S. 19]. Die Ziele liegen hierbei darin, Kosten zu senken, die Wirtschaftlichkeit zu verbessern

und Schwachstellen in den Logistikketten zu beseitigen. Zu diesem Zweck gilt es ein ziehendes System zu implementieren, in dem der Material- und Güterfluss durch den Bedarf bestimmt wird. Außerdem zeichnet sich eine schlanke Logistik nach Ansicht von Gilligan durch eine enge Zusammenarbeit zwischen den Herstellern und ihren Partnern im Logistiknetzwerk aus [Gil-2004, S. 18ff.].

Wu greift ebenfalls die Kostenvorteile auf, welche sich durch die Anwendung entsprechender Methoden aus dem Bereich Lean Logistics ergeben. Demzufolge sieht er in einer schlanken Logistik „the superior ability to design and administer systems to control movement and geographical positioning of raw materials, work-in-process, and finished inventories at the lowest cost“ [Wu-2003, S. 1350].

Das und Handfield dagegen sprechen im Kontext einer schlanken Logistik in erster Linie von einem „paradigm, embodying the elimination of non-value-added processes throughout the supply chain“ [Das-1997, S. 244].

Gemäß Baudin ist Lean Logistics die logistische Ausprägungsform von Lean Production, wobei sich Materialversorgung und Produktion nicht auf Augenhöhe begegnen. Baudin formuliert das wie folgt: „In lean logistics, the functions of materials supply and production are not treated at the same level. (...) Materials supply is the pit crew to production’s race car driver“ [Bau-2004, S. 30]. Seiner Ansicht nach liegen die beiden Grundsätze einer schlanken Logistik in der Effektivität und Effizienz, wobei Ersteres Priorität besitzt. Es bedeutet dabei, die richtigen Dinge zu tun, indem die richtigen Materialien an die richtigen Orte, in der richtigen Menge, in der richtigen Aufmachung und zur richtigen Zeit geliefert werden. Effizient zu sein heißt darüber hinaus, diese Tätigkeiten ohne Ressourcenverschwendung durchzuführen [Bau-2004, S. 27ff.].

Im Forschungsprojekt LEAN:log wurden die beiden Sichtweisen von Meißner und Günthner sowie Baudin aufgegriffen, indem mit der Effektivität und Effizienz zwei Säulen einer schlanken Logistik definiert wurden. Im Sinne der Kundenorientierung zielt die Effektivität darauf ab, die Anforderungen des Kunden und den hieraus abgeleiteten Kundenwert bei der Prozessdurchführung zu erfüllen. Als Maßgabe dienen hierbei die „6 R der Logistik“, welche – zusammen mit dem Kundenwert – in Kapitel 3.2.2 näher erläutert werden. Ein schlanker Logistikprozess ist ebenso durch eine hohe Ressourceneffizienz geprägt, die sich in dessen wirtschaftlicher Abwicklung niederschlägt. Nach Yagyu zeichnet sich ein effizienter Prozess durch Verschwendungsfreiheit und geringe Gesamtkosten aus. Letztere setzen sich zu-

sammen aus Mitarbeiter-, Material-, Flächen-, Kapital- und Equipmentkosten. Allerdings darf das Streben nach Effizienz keinesfalls zu einer Schmälerung des Kundenwertes führen ([Bop-2013, S. 237], [Gri-2013, S. 63ff.], [Yag-2007, S. 50]). Dieses Verständnis von einer schlanken Logistik bildet die Grundlage für die Entwicklung der Forschungsergebnisse in der vorliegenden Dissertation.

#### 3.2.2 Prinzipien einer schlanken Logistik

Eine schlanke Logistik orientiert sich an den Bedürfnissen des Kunden und zeichnet sich dabei durch möglichst verschwendungsfreie Prozesse aus. Um die Rahmenbedingungen für ein schlankes Logistiksystem zu schaffen, bedarf es einer Reihe an allgemeingültigen Prinzipien. Im Anschluss werden neben den acht Grundprinzipien von Klug und den zehn Leitlinien aus dem Forschungsprojekt LEAN:log ebenso die fünf Kernbausteine des Lean Logistics System der Huppertz Group, einem international agierenden mittelständischen Logistikunternehmen, vorgestellt.

##### Grundprinzipien einer schlanken Logistik nach Klug

Das erste Prinzip einer schlanken Logistik liegt in der **Synchronisation** aller Materialströme innerhalb eines logistischen Netzwerkes. Durch eine optimale Abstimmung unter den einzelnen Prozessen einer Logistikkette können Bestände und Durchlaufzeiten gesenkt werden. Außerdem wird dadurch vermieden, dass ungenutzte Kapazitäten sowohl auf Logistik- als auch auf Fertigungsseite vorgehalten werden. Die BMW Group am Standort Dingolfing beispielsweise hat sich der Herausforderung einer synchronen Logistik gestellt und einen externen Logistikdienstleister nach diesem Prinzip an die Fertigung angebunden (siehe [Wie-2013, S. 271ff.]). Eine Synchronisation wird – wie das Beispiel der BMW Group zeigt – dadurch erleichtert, dass alle Logistikprozesse einem definierten **Takt** folgen. Dieser fungiert dabei als Schrittmacher für die gesamte Logistikkette. Demnach gilt es in festgelegten Zeitabständen die benötigten Güter beim Logistikdienstleister auszulagern, auf einen Lkw zu verladen, zum Kunden zu transportieren und dort am Bedarfsort bereitzustellen. Eine eng verzahnte und getaktete Logistik bildet die Grundlage für einen stetigen **Fluss** aller Materialien und Fertigprodukte. Flussunterbrechungen können sowohl durch zu spät als auch zu früh gelieferte Güter entstehen. Im Sinne der Kundenorientierung ist deswegen eine durchgängige Materialbereitstellung zum richtigen Zeitpunkt von großer Bedeutung. Ein weiterer Aspekt einer am Kunden ausgerichteten Logistik ist die Steuerung nach dem **Pull-Prinzip**.

Hierbei erfolgt eine Bereitstellung, ein Transport oder ein Umschlag nur bei einem entsprechenden Bedarf der unmittelbar nachfolgenden logistischen Stelle. Ein vom Endkunden in Form eines Auftrages ausgelöster Steuerungsimpuls wird sukzessive an alle vorgelagerten Distributions-, Produktions- und Beschaffungsstufen weitergereicht. Ein ziehendes System über die ganze Logistikkette hinweg bewirkt eine Minimierung von kapitalintensiven Lager- und Umlaufbeständen. Die Ausführung logistischer Tätigkeiten nach vordefinierten **Standards** stellt ein weiteres, nicht unwesentliches Prinzip dar. Durch Standardisierungen gelingt es, Prozesse zu vereinheitlichen und zu vereinfachen. Auf diese Weise können eine hohe und gleichmäßige Qualität erreicht und zugleich ressourcenintensive Sonderabläufe vermieden werden. Standards müssen im Laufe der Zeit weiterentwickelt und an die sich ändernden Rahmenbedingungen angepasst werden. Sie gelten – zusammen mit nivellierten und geglätteten Materialflüssen – als Wegbereiter für eine hohe **Stabilität** in den Logistikprozessen, was wiederum zu einer Erhöhung der Planbarkeit sowie einer Reduzierung der Störanfälligkeit führt. Es sei jedoch angemerkt, dass sich Stabilität und **Flexibilität** keineswegs ausschließen. Vielmehr vereint eine schlanke Logistik beide Prinzipien. Eine weitere Möglichkeit zur Unterstützung fließender, durchlaufzeitoptimierter Materialströme besteht in der **Integration** von Prozessen. Dadurch lassen sich Schnittstellen eliminieren und in der Folge Reibungsverluste, Abstimmungsvorgänge oder Datenkonvertierungen vermeiden. Das letzte Grundprinzip einer schlanken Logistik sieht Klug im Streben nach **Perfektion** durch radikale und schrittweise Verbesserungen. Allerdings beschreibt dies einen niemals endenden Vorgang. Der perfekte Zustand wäre erst dann erreicht, wenn jeder weitere weggelassene Prozessschritt den Kundennutzen schmälern würde ([Klu-2008a, S. 57ff.], [Klu-2010, S. 254ff.]).

### **Leitlinien für eine schlanke Logistik nach LEAN:log**

Im Rahmen des Forschungsprojektes LEAN:log wurden in Kooperation zwischen dem Lehrstuhl fml und Partnern aus der Automobilindustrie zehn Leitlinien entwickelt zur Charakterisierung einer schlanken Logistik. Die Grundmaxime liegt hierbei zunächst einmal in der **Konzentration auf den Kundenwert**. Dessen Erfüllung gilt als oberstes Ziel eines wertschöpfungsorientierten Handelns. Er setzt sich – wie in Abbildung 3-4 dargestellt – aus zwei Anteilen zusammen, nämlich dem Warenwert auf der einen und dem Servicewert auf der anderen Seite. Der Fokus der Produktion liegt auf der Steigerung des Warenwertes. Die Logistik hingegen nimmt zwar keine Veränderungen am physischen Produkt vor, trägt aber wohl zu einer Erhö-

hung des Servicewertes bei. Die Herausforderung liegt darin, den wahren Kundenwert zu erkennen, um sämtliche Abläufe darauf ausrichten zu können sowohl im Produktions- als auch Logistikumfeld. Als Kunde der Logistik fungiert stets der jeweils nachgelagerte Prozess entlang einer Wertschöpfungskette. Jener formuliert seine Wertvorstellung über einen Auftrag, welcher die „6 R der Logistik“ als einzelne Bestandteile umfasst. Daraus resultiert für die Logistik die Aufgabe, das richtige Produkt am richtigen Ort, zur richtigen Zeit, in der richtigen Qualität, in der richtigen Menge und zu den vorgegebenen Zielkosten bereitzustellen. Diese Dimensionen beschreiben den logistischen Wert. Für jeden weiteren Aufwand in Form einer logistischen Verschwendung ist der Kunde nicht bereit zu bezahlen. Anhand eines Beispielfalles soll verdeutlicht werden, dass die Logistik, je nach den Wünschen des Kunden, durchaus wertsteigernde Tätigkeiten erbringt. Man stelle sich vor, für den nächsten Tag wird kurzfristig ein Geburtstagsgeschenk benötigt. Der Kunde bestellt demzufolge ein Buch bei einem Online-Händler und wählt als Zusatzoptionen eine Expresslieferung innerhalb von 24 Stunden sowie eine individuelle Verpackung aus. Beide Aspekte erhöhen den Kundenwert, da sich das Buch in erster Linie dann als nützlich erweist, wenn es noch rechtzeitig geliefert und entsprechend verpackt wird.

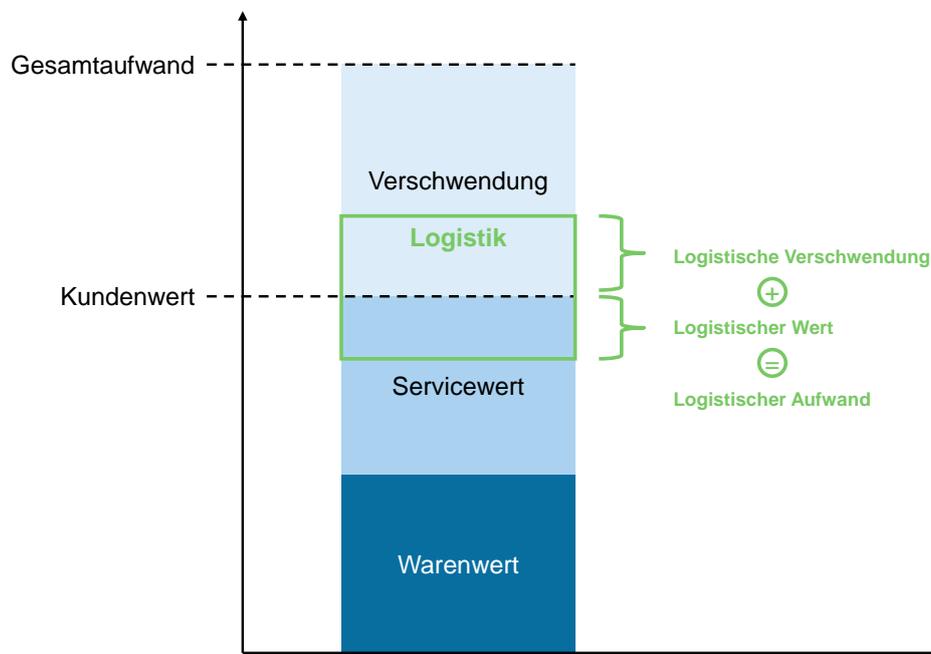


Abbildung 3-4: Definition des Kundenwertes (in Anlehnung an [Dur-2013b, S. 45])

Die zweite wesentliche Leitlinie einer schlanken Logistik beschäftigt sich mit der **Orientierung am Wertstrom**. In diesem Kontext werden alle Logistikprozesse ei-

ner Wertschöpfungskette hinsichtlich des Kundennutzens überprüft und – analog der Philosophie des Toyota-Produktionssystems aus Kapitel 3.1.3 – in drei Kategorien unterteilt. Als wertsteigernde Funktionen werden dabei jene eingestuft, die den Kundenwert unmittelbar erhöhen. Daneben gibt es Tätigkeiten, die zwar nicht zur Wertsteigerung beitragen, allerdings gegenwärtig notwendig sind. Diese gilt es zu minimieren und kontinuierlich zu verbessern. Die dritte Gruppe bilden Prozesse, welche als reine Verschwendung angesehen werden. Bei ihnen wird eine konsequente Eliminierung angestrebt. Jones et al. liefern eine interessante Aussage hinsichtlich der prozentualen Anteile der beschriebenen Kategorien in einem Wertstrom aus der Praxis: „It is common to find that in a factory less than 5 per cent of activities actually add value, 35 per cent are necessary non-value-adding activities and 60 per cent add no value at all. It is easy to see the steps that add value, but it is much more difficult to see all the waste that surrounds them” [Jon-1997, S. 154]. Um Verschwendungspotentiale in der Logistik identifizieren zu können, werden die sieben Arten der Verschwendung aus dem TPS auf logistische Gegebenheiten übertragen (siehe Abbildung 3-5).



1	Überlieferung
2	Wartezeiten
3	Überflüssige Transporte
4	Undefinierte Prozesse
5	(Überdimensionierte) Bestände
6	Unnötige Tätigkeiten
7	Fehler bezogen auf die fünf Aspekte der Logistik (Falsches Produkt, falscher Ort, falsche Zeit, falsche Menge, falsche Qualität)

**Abbildung 3-5: Die sieben Arten der Verschwendung in der Logistik  
(in Anlehnung an [Dur-2013b, S. 46])**

Die erste Form von Verschwendung stellt eine Überlieferung dar. Darunter ist ein zu frühes Eintreffen von Waren zu verstehen, was beim Kunden zusätzliche Kosten hervorrufen kann. Ebenso gilt es Wartezeiten sowohl bei Menschen als auch Maschinen in einer Prozesskette zu vermeiden. Wird ein Gut beispielsweise zu spät angeliefert, so entstehen unter Umständen Ausfallzeiten, in denen kein Kundenwert generiert wird. Eine dritte Art von Verschwendung entsteht, wenn Waren nicht auf

direktem Wege an den Bedarfsort gelangen, sondern von überflüssigen Transporten begleitet werden. Als kritisch erweisen sich zudem undefinierte Prozesse, welche sich negativ auf die Prozessqualität auswirken. Nicht selten mangelt es an klaren Verantwortlichkeiten und festgelegten Standards. Zur Sicherstellung reibungsloser Abläufe in der Produktion sind Lager oder Puffer oftmals unerlässlich. Dennoch ist darauf zu achten, Bestände möglichst gering zu halten, da jene nicht nur Kosten verursachen, sondern gleichermaßen Probleme verdecken. Deshalb werden überdimensionierte Bestände als Verschwendung aufgefasst. Darüber hinaus sind unnötige Tätigkeiten nicht mit dem Grundverständnis einer schlanken Logistik vereinbar. Als überflüssig können sowohl ganze Prozesse als auch einzelne Handlungsschritte innerhalb eines Prozesses betrachtet werden, sofern ihr Zweck in Bezug auf den Kundenwert nicht eindeutig ersichtlich ist. Nicht zuletzt müssen Fehler unterschiedlichster Ausprägung in einem Wertstrom vermieden werden. Bei Logistikprozessen können sich Fehler in einem falschen Produkt, einem falschen Ort, einer falschen Zeit, einer falschen Menge sowie einer falschen Qualität äußern.

Das nächste Grundprinzip zielt auf die Schaffung **fließender Logistikprozesse** ab. Die Herausforderung besteht darin, ein Produkt möglichst schnell und zielgerichtet durch alle Prozesse eines Wertstromes zu lenken. Der Flussgedanke beinhaltet dabei zahlreiche Vorteile. Neben einer gleichmäßigen Auslastung der Ressourcen kann durch die Vorhersagbarkeit der Arbeitslast auf große Sicherheitsbestände sowie Personalreserven in und zwischen den Prozessen verzichtet werden. Auf diese Weise wird gleichzeitig Verschwendung beseitigt. Fließende Prozesse sind in der Produktion bereits weit verbreitet, wie das Beispiel eines Montagebandes in der Automobilindustrie zeigt. Es gilt nun diesen Ansatz verstärkt auch auf die Logistik zu transferieren. Um das zu erreichen, bedarf es einer taktgebundenen Logistikkette. Idealerweise arbeiten alle Prozesse im Kundentakt. Jener gibt an, in welchem Zeitintervall Produkte oder logistische Aufträge bearbeitet werden müssen, um den Kundenbedarf exakt zu befriedigen (siehe Kapitel 3.1.3). Während das Optimum eines One-Piece-Flow im Fertigungsumfeld durchaus angestrebt wird, weicht man in der Logistik auslastungsbedingt häufig von einem One-Order-Flow ab. Stattdessen werden Aufträge zusammengefasst, so dass ein Logistiktakt oftmals höher ist als der Kundentakt, in welchem etwa ein Bauteil in der Produktion entnommen wird. Allerdings führen Auftragsbündelungen zu Wartezeiten und somit zu Flussunterbrechungen. Neben der Realisierung getakteter Logistikprozesse ist es zudem wichtig, die Aufträge zu nivellieren und zu glätten, sofern dadurch die Einhaltung von Kundenanforderungen nicht beeinträchtigt wird. Hierbei gilt es sowohl Stückzahlen als

auch Varianten möglichst gleichmäßig über einen definierten Zeitraum zu verteilen. So muss beispielsweise versucht werden, Bestellspitzen zu bestimmten Tageszeiten abzubauen und für eine ausgewogene, bedarfsorientierte Auslösung von Nachschubaufträgen auf Seiten der Produktion zu sorgen.

Bei der vierten Leitlinie rücken **ziehende Logistikprozesse** nach dem Pull-Prinzip in den Fokus. Die zentrale Grundidee besteht darin, den gesamten Wertstrom als zahlreiche aufeinander folgende Kunden-Lieferanten-Beziehungen zu betrachten. Die Arbeitsweise in einem ziehenden System ist stets kundenorientiert, so dass der Lieferant erst nach expliziter Anforderung seitens des Kunden dessen Bedarf in der geforderten Menge deckt. Basierend auf dieser Strategie wird ein Teilebedarf am Ende einer Wertschöpfungskette sukzessive flussaufwärts bis zu den externen Lieferanten durchgereicht. Zwischen den einzelnen Prozessen werden zumeist kleine Materialpuffer installiert, um die Wiederbeschaffungszeiten zu überbrücken. Die vorgehaltenen Bestände stellen keine Sicherheitsreserven dar, weshalb eine fehlerfreie Ausführung der Nachschubaufträge in Bezug auf die „5 R der Logistik“ von großer Bedeutung ist. Das Pull-Prinzip kann in einfacher Form über eine Kanban-Steuerung realisiert werden. Hierbei fungiert die Kanban-Karte als Auftrag für den Lieferprozess mit allen relevanten Informationen über das vom Kundenprozess nachgefragte Produkt, dessen Quelle und Senke sowie die Füllmenge eines Behälters. Durch die Ausrichtung der gesamten Wertschöpfung am tatsächlichen Bedarf wird verhindert, dass – wie im Falle des Push-Prinzips – mehr Waren erzeugt werden, als der nachgelagerte Prozess benötigt. Somit entsteht weder ein unnötiger Verbrauch von Ressourcen und Materialien noch eine Verschwendung in Form von Kapital und Fläche durch hohe Zwischen- sowie Fertigwarenbestände. Stattdessen sorgen ziehende Systeme durch ihre kleinen, dezentralen Regelkreise für transparente Prozesse. Aufgrund des Selbststeuerungseffektes wird zudem der Steuerungsaufwand reduziert.

Eine wichtige Leitplanke innerhalb einer schlanken Logistik ist auch das **Streben nach Perfektion**. Dabei steht nicht die Schaffung eines perfekten Prozesses im Mittelpunkt. Die Intention liegt vielmehr darin, Abläufe schrittweise weiterzuentwickeln und Verschwendung zu verringern. Mit Prozessanpassungen gilt es nicht zuletzt auch den sich ändernden Kundenanforderungen im Laufe der Zeit Rechnung zu tragen. Bei der Perfektionierung von Prozessen sind einige Schlüsselfaktoren zu beachten. Das stetige Überdenken operativer Abläufe muss als Philosophie im Unternehmen verankert und ins Tagesgeschäft integriert werden. Als potentielle An-

sätze wären die Bildung spezieller Teams, welche den kontinuierlichen Verbesserungsprozess gezielt vorantreiben und koordinieren, sowie die Einrichtung eines betrieblichen Vorschlagswesens zu nennen. Entscheidend ist die Tatsache, sowohl aus Fehlern in bestehenden Abläufen zu lernen als auch alle zur Verfügung stehenden Ressourcen auszuschöpfen. Insbesondere das Einbeziehen des operativen Personals erweist sich – wie zahlreiche Beispiele aus der Praxis zeigen – als sehr erfolgsversprechend. Um die Motivation zur ständigen Prozessoptimierung bei den Mitarbeitern hochzuhalten, empfiehlt es sich, neue Ideen schnell und unbürokratisch umzusetzen und jene entsprechend wertzuschätzen.

Das **bewusste Nutzen des Mitarbeiterpotentials** stellt ein weiteres Prinzip auf dem Weg zu einer schlanken Logistik dar. Um Mitarbeiter optimal für den Unternehmenserfolg einsetzen zu können, bedarf es einer Sichtweise, gemäß der ein Mensch nicht als Kostenfaktor, sondern als wertvolle Ressource betrachtet wird. Daher sollte das Aufgabenspektrum eines Mitarbeiters nicht auf seine physische Tätigkeit begrenzt werden. Vielmehr muss es auf die Gestaltung und Verbesserung von Abläufen ausgedehnt werden. Bei einer vollumfänglichen Potentialausschöpfung werden somit neben der körperlichen Arbeitskraft eines Menschen ebenso dessen Kreativität, Intelligenz, Wissen und Erfahrungsschatz berücksichtigt. Den Führungskräften wird hierbei die Aufgabe zuteil, ihre Mitarbeiter zu fördern, weiterzuentwickeln, zu motivieren und in Entscheidungen mit einzubeziehen.

Die siebte Leitlinie bezieht sich auf das **Setzen von Standards**. Dadurch konnten in der Logistik bereits nachhaltige Prozessverbesserungen erzielt werden. Man denke etwa an die Einführung der Europalette, welche effizientere Abwicklungen von Transport- und Fördervorgängen nach sich gezogen hat. Zusätzlich zu einem einheitlichen Equipment sind standardisierte Prozesse notwendig, um stabile und reproduzierbare Logistikabläufe zu gewährleisten. Eine mangelnde Einhaltung von definierten Vorgaben kann zu unzuverlässigen Ergebnissen führen mit der Gefahr, dass auch angrenzende Prozesse reagieren und von ihrem Standardvorgehen abweichen müssen. Eine Logistikkette kann auf diese Weise aus dem Takt geraten. Analog dem Streben nach Perfektion ist gleichermaßen eine stetige Anpassung von Standards erforderlich, sobald ein Prozess verbessert wurde und sich ein neuer (vorübergehender) Best-Practice-Ablauf eingestellt hat.

Ein **Denken in längeren Zeiträumen** beschreibt ein weiteres Ziel bei der Planung und Umsetzung schlanker Logistikabläufe. Demnach gilt es den Fokus auf einen langfristigen Erfolg zu richten, auch wenn hierfür unter Umständen zunächst höhere

Aufwände in Kauf zu nehmen sind. So profitieren Unternehmen häufig erst später von einer hohen Flexibilität sowie schnellen Anpassbarkeit bei Prozessen, Technik und Mitarbeitern. Allzu häufig werden jedoch Maßnahmen bevorzugt, die zwar einen schnellen Erfolg versprechen, aber veränderten Rahmenbedingungen nicht standhalten können. Eine nachhaltige Strategie verzichtet hingegen auf kurzfristige und lokale Optima, welche sich aus temporären Einsparungen bzw. lediglich bereichsweisen Verbesserungen ergeben können.

Aufgrund der Tatsache, dass höchste Prozessqualität nicht nur in der Produktion, sondern in gleichem Maße in der Logistik als oberste Zielsetzung angestrebt wird, erweisen sich **robust gestaltete Logistikprozesse** als entscheidender Faktor im Wettbewerb. Jene sind gekennzeichnet durch einfache und sichere Abläufe sowohl beim Material- als auch Informationsfluss, um dem Null-Fehler-Prinzip gerecht zu werden. Dazu bedarf es des Einsatzes einer bewährten, gut beherrschbaren und wenig anfälligen Technik. Robustheit bedeutet in diesem Kontext auch, anpassungsfähige Prozesse zu schaffen, die in der Lage sind, schnell und aufwandsarm auf eine geänderte Auftrags- und Sortimentsstruktur reagieren zu können. Darüber hinaus verfügen stabile Abläufe über Reserven zur Abdeckung von Schwankungen und sind skalierbar in Bezug auf die zu erbringende Leistung. Wichtig bei der Planung schlanker Logistikprozesse sind zudem verständliche Steuerungsmechanismen sowie die Festlegung klarer Regeln bei sämtlichen Arbeitsabläufen.

Als letzte Leitlinie sei das **Denken in ganzheitlichen Prozessen** dargelegt. Das Interesse der Logistik erstreckt sich auf die ganze Prozesskette anstatt auf Einzелеlemente darin. Auch im Rahmen der Lean-Philosophie wird der gesamte Wertstrom betrachtet mit der Absicht, ein Gesamtoptimum zu erreichen durch eine enge Kooperation und ein Miteinander unter allen beteiligten Partnern. Jones et al. teilen diese Ansicht, indem sie konstatieren: „Optimizing each piece of the supply chain in isolation does not lead to the lowest-cost solution. In fact it is necessary to look at the whole sequence of events, from the customer order right back to the order given to the raw materials producer, and forward through all successive firms making and delivering the product to the customer” [Jon-1997, S. 154f.]. Die Erfolgsstrategie für jeden einzelnen Prozess sollte demnach lauten, sich zum einen auf den zu generierenden Kundenwert zu fokussieren und dabei die jeweils zur Verfügung stehenden Ressourcen sowie Kompetenzen ideal zu nutzen. Zugleich gilt es die eigene Leistung derart in den Gesamtprozess zu integrieren, dass der nachfolgende Prozess bestmöglich unterstützt wird. Die Voraussetzung hierfür liegt in der Abkehr

von einem Abteilungs-, Bereichs- und Unternehmensdenken hin zu einer Sichtweise, welche den Blick auf den gesamten Wertschöpfungsprozess richtet ([Dur-2013a, S. 11ff.], [Dur-2013b, S. 43ff.]).

#### Kernbausteine des Lean Logistics System der Huppertz Group

Inspiziert durch das Toyota-Produktionssystem übertrug die Huppertz Group die schlanken Grundsätze des produzierenden Gewerbes auf den logistischen Dienstleistungssektor. In diesem Zuge entstand mit dem Huppertz Lean Logistics System ein firmeneigenes Philosophiemodell mit fünf Kernbausteinen, welche analog dem TPS in Form eines Hauses dokumentiert sind (siehe Abbildung 3-6).

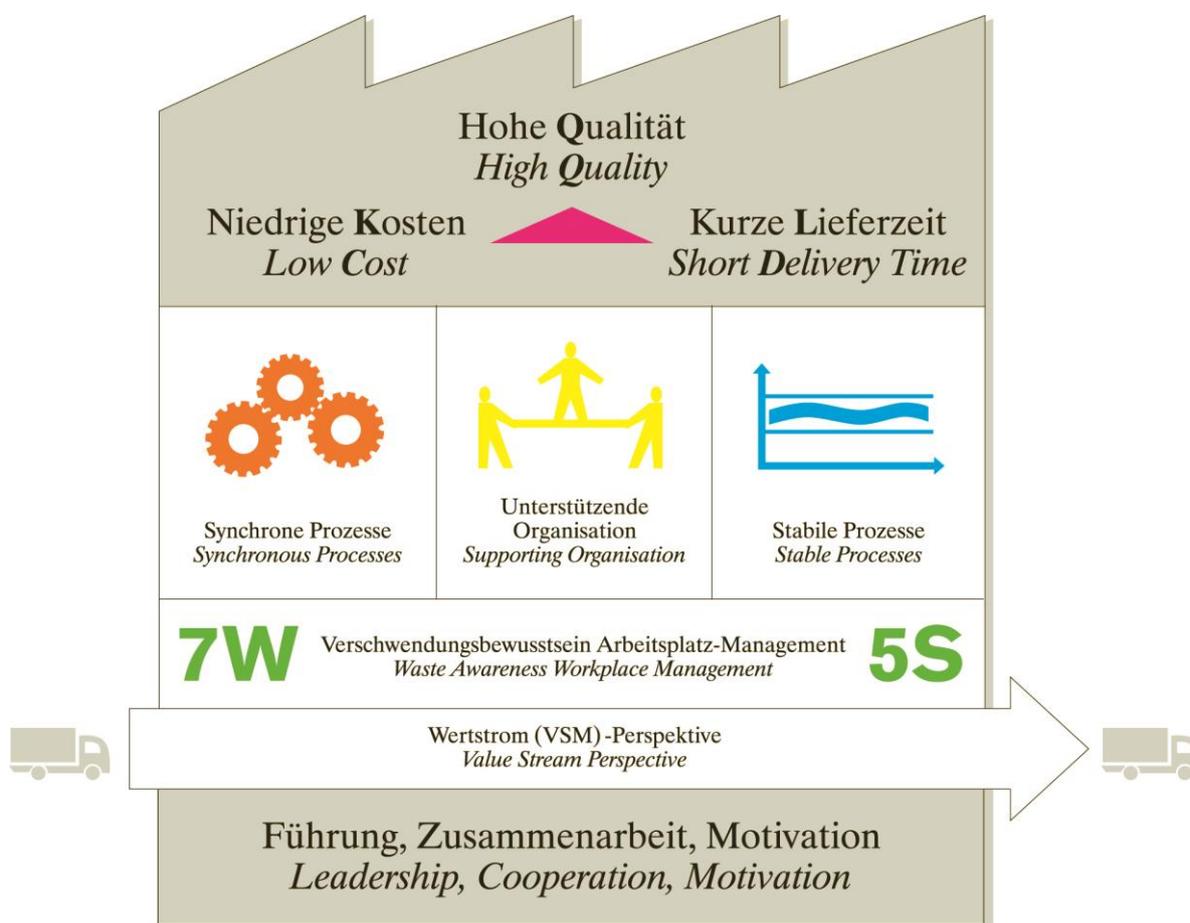


Abbildung 3-6: Huppertz Lean Logistics System [Hup-2014]

Im Zentrum des Systems befindet sich die unterstützende Organisation, weshalb die Faktoren **Führung, Zusammenarbeit und Motivation** eine wichtige Grundlage im Unternehmensleitbild darstellen. Die Führungskräfte vor Ort nehmen dabei eine tragende Rolle ein, indem sie als Vorbilder, Motivatoren, Mentoren und Moderatoren zugleich fungieren. Deren Verantwortung liegt in der Sicherstellung einer har-

monischen Zusammenarbeit und der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Mitarbeiter.

Der zweite Baustein eines schlanken Logistiksystems ist das Erzeugen von **Verschwendungsbewusstsein** sowohl bei Führungskräften als auch ihren Mitarbeitern. Zu diesem Zweck gilt es zunächst abzugrenzen, welche logistischen Prozesse tatsächlich eine Verschwendung darstellen. Da die Logistik an sich – zumindest dem klassischen Verständnis nach – als Verschwendung angesehen wird (siehe Kapitel 3.2), erweitert Huppertz die ursprüngliche Differenzierung von Prozessschritten in wertschöpfend, notwendig und verschwendend (siehe Kapitel 3.1.3) um eine vierte Dimension. Demnach werden bei Huppertz zusätzlich nutzbringende Prozesse unterschieden, welche die Werterhöhung an einem Produkt oder einer Dienstleistung unmittelbar fördern. Hierunter können zum Beispiel Maßnahmen zur Qualitätssteigerung, Konsolidierungen, Transport- oder Lagervorgänge fallen. Typische Verschwendungen in der Logistik entstehen dagegen durch unvorhersehbare und nicht planbare Volumen- und Sortimentsschwankungen in der Supply Chain, die zunehmende Anzahl an Schnittstellen in der Lieferkette, eine nicht standardisierte IT, eine mangelhafte Datenintegrität oder Transferfehler. Ebenso werden ein unnötig großer Informationsfluss im Sinne einer Überinformation, ein zu komplizierter Datentransfer sowie Wartezeiten aufgrund nicht verfügbarer Informationen als Verschwendungen angesehen, die es zu minimieren oder im besten Fall zu eliminieren gilt. Der hohe Stellenwert der Informationslogistik spiegelt sich bei Huppertz nicht zuletzt darin wider, dass eine unklare bzw. unzureichende Kommunikation als Ergänzung zu den klassischen Verschwendungsarten (siehe Kapitel 3.1.3) aufgeführt wird. Neben der Fokussierung auf Verschwendungen bildet das **Arbeitsplatz-Management** eine wichtige Grundvoraussetzung für das Lean Logistics System. Das 5S-Prinzip erweist sich in diesem Zusammenhang als zielführender Ansatz zur Schaffung von Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz.

Um fließende Material- und Informationsströme ohne Unterbrechungen in der Praxis realisieren zu können, müssen **synchrone und stabile Prozesse** implementiert werden. Das erfordert vor allem die Definition von Standards. Darüber hinaus können Maßnahmen aus dem Poka Yoke-Bereich und Qualitätstechniken nach der Six Sigma-Methode die Prozessstabilität erhöhen. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor – gerade bei der Verankerung der Lean-Philosophie in einem Unternehmen – liegt in der **Unterstützung durch die Organisation**. Die Führungskräfte müssen dabei den Mitarbeitern ermöglichen, Verbesserungen zu erkennen und einzuleiten. Dazu

wird bei Huppertz das Führungspersonal entsprechend geschult und stetig weitergebildet gemäß dem Prinzip Train-the-Trainer ([Jan-2009, S. 23], [Hup-2012, S. 228ff.]).

### 3.3 Fazit und Ableitung der Forschungslücke

Die Ausführungen in diesem Kapitel haben gezeigt, dass die Philosophie einer schlanken Logistik eine fundierte Grundlage liefert für eine umfassende Optimierung von Wertschöpfungsketten. Die Herausforderung liegt in der praktischen Anwendung der dargelegten Prinzipien, um kontinuierlich fließende Logistikprozesse realisieren zu können. Jene werden dabei als schlank bezeichnet, wenn sie zum einen die Anforderungen des Kunden in optimaler Weise erfüllen und zum anderen mit einem Minimum an Ressourcen betrieben werden. Die Erreichung eines ununterbrochenen Material- und Informationsflusses innerhalb einer Logistikkette ist jedoch nach Schulte an einige Erfolgsfaktoren gekoppelt. Zunächst einmal gilt es für einen gleichmäßigen und zügigen Fluss zu sorgen, der durch eine frühe und robuste Fehlervermeidung gekennzeichnet ist. Darüber hinaus müssen Medienbrüche entlang der Wertschöpfungskette und somit die Anzahl an Prozessschnittstellen minimiert werden, so dass Informationen, aber auch Güter möglichst selten auf einen neuen Informationsträger, ein neues Arbeitsmittel oder eine neue Person im Prozessverlauf übergehen. An unvermeidbaren Schnittstellen ist hingegen eine präzise Abstimmung der Übergabeprozesse zu gewährleisten [Sch-2005, S. 5]. Auch Großmann et al. betonen die Wichtigkeit stetiger Logistikprozesse und weisen zugleich darauf hin, dass deren Kontinuität oftmals an Übergabepunkten in der Logistikkette unterbrochen wird. Diese Nahtstellen werden als kritisch eingestuft, da sie sowohl schwierig zu beherrschen als auch personalintensiv sind [Gro-1989, S. 70]. Gerade deswegen ist Kuhn der Meinung, dass funktionierende Schnittstellenprozesse<sup>4</sup> einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Logistik besitzen [Kuh-1995, S. 39]. Allerdings sieht er im Schnittstellenmanagement „ein Innovationspotential, was heute nur andeutungsweise und zaghaft angegangen wird“ [Kuh-1995, S. 14]. Auch Meißner und Günthner vertreten diese Ansicht, indem sie konstatieren: „Gerade die Möglichkeiten einer schlanken Technikgestaltung an den logistischen Schnittstellen sind heute nicht ausgeschöpft“ [Mei-2009a, S. 283]. Die größten Optimierungschancen sieht Wannewetsch dabei an den Schnittstellen zwischen der inner- und außerbetrieblichen Logistik [Wan-2010, S. 56f.].

---

<sup>4</sup> Kuhn verwendet für Schnittstellenprozesse den Begriff „Austauschprozesse“ (siehe Kapitel 4.4).

Aber auch die praktischen Erfahrungen bei den im Rahmen des Forschungsprojektes LEAN:log beteiligten Industrieunternehmen haben gezeigt, dass im Bereich des Schnittstellenmanagements aktuell weder hinreichende Standards noch etablierte Methoden, Konzepte und Werkzeuge existieren. Die Aufgabe dieser Dissertation besteht nun darin, die vorliegende Forschungslücke bestmöglich zu schließen und in dem Zuge ein Vorgehensmodell zu entwickeln, welches bei der Analyse und Gestaltung von schlanken Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten unterstützt. Hierbei rücken fünf zentrale Forschungsfragen in den Mittelpunkt:

- Wie können Prozessschnittstellen entlang von Material- und Informationsflüssen identifiziert werden?
- Auf welche Weise kann eine Erfassung und umfassende Dokumentation von Prozessschnittstellen gelingen?
- Nach welchen Kriterien können Prozessschnittstellen bewertet und entsprechende Optimierungsansätze abgeleitet werden?
- Welche Strategien und Prinzipien gilt es zu beachten bei der Optimierung von Prozessschnittstellen nach schlanken Gesichtspunkten?
- Wie lauten konkrete, praxisorientierte Handlungsempfehlungen für die Gestaltung von Prozessschnittstellen unterschiedlichster Art?

Die aufgeführten Fragen gilt es im weiteren Verlauf der Arbeit zu klären.



## 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

Aus Kapitel 3.3 lässt sich die Erkenntnis ziehen, dass ein ausgezeichnetes Schnittstellenmanagement eine wesentliche Voraussetzung für schlanke Logistiksysteme darstellt. Durch eine optimale Abstimmung der einzelnen Prozesse an den Schnittstellen wird die Basis geschaffen für einen durchgängigen Material- und Informationsfluss in der Wertschöpfungskette. Nach Zobel stellt sich eine effiziente Logistik erst dann ein, wenn es gelingt, auch an den Schnittstellen einer Logistikkette reibungslose Abläufe zu installieren [Zob-2011, S. 42]. In ähnlicher Form äußert sich Wimmer, indem er ein gutes Schnittstellenmanagement als Erfolgsfaktor bei unternehmensübergreifenden Optimierungsprojekten nennt [Wim-2011, S. 18].

In diesem Kapitel wird der Grundstein gelegt für die spätere Entwicklung eines Vorgehens zur Verbesserung von logistischen Prozessschnittstellen. Dabei wird in Abschnitt 4.1 zunächst der Begriff „Prozessschnittstelle“ definiert. Auf jene Weise wird das Thema der vorliegenden Dissertation weiter konkretisiert. Anschließend werden in Abschnitt 4.2 drei Kategorien von Schnittstellen vorgestellt, welche im weiteren Verlauf der Arbeit von Bedeutung sein werden. Zunächst erfolgt zu allen Schnittstellenarten eine aussagekräftige Charakterisierung. Hierzu wird jeweils nach der Klärung zentraler Begriffe ein allgemeingültiges Zustandsmodell entworfen, worin die logischen Abläufe und Phasen bei der Überbrückung einer Schnittstelle dargestellt werden. In einem nächsten Schritt wird jede Schnittstellenart inhaltlich nochmals feiner strukturiert, so dass mehrere Unterkategorien entstehen, denen exemplarische Anwendungsszenarien zugeordnet werden. Diese werden in Abschnitt 4.3 als Referenzen wieder aufgegriffen, wenn konkrete Beispiele für Schnittstellen aus der automobilen Praxis aufgezeigt werden. Als methodischer Ansatz dient die Kombination sämtlicher Logistikfunktionen, woraus sich entsprechende Schnittstellen ableiten lassen. In Abschnitt 4.4 findet eine letzte Präzisierung des Betrachtungsumfanges innerhalb der Arbeit statt, indem der Begriff des Schnittstellenprozesses eingeführt wird. Hiermit werden die Voraussetzungen geschaffen, auf potentielle Schnittstellenprobleme hinzuweisen, um darauf aufbauend dann die Eigenschaften eines schlanken Schnittstellenprozesses zu fixieren (Abschnitt 4.5). Als Unterstützung werden die Grundsätze einer schlanken Logistik herangezogen. Aus dem resultierenden Zielbild werden zum Abschluss anwendbare Strategien und Prinzipien in Abschnitt 4.6 entwickelt, welche das Fundament bilden für eine Gestaltung und Bewertung von Schnittstellen nach schlanken Gesichtspunkten.

### 4.1 Definition einer Prozessschnittstelle

Die Komplexität logistischer Schnittstellen, vor allem zwischen einzelnen Unternehmen in Produktionsnetzwerken, nimmt stetig zu. Davon betroffen sind sowohl Schnittstellen im Materialfluss als auch in den Informations- und Werteflüssen [Fro-2008, S. 71f.]. Stark und Stöckert betonen die Schlüsselrolle von Schnittstellen innerhalb einer Prozesskette, indem sie konstatieren: „The crux of every process chain or process net is the interface“ [Sta-2009, S. 468]. Um für ein allgemeines Verständnis im Vorfeld der Forschungsarbeit zu sorgen, gilt es eine Prozessschnittstelle zunächst einmal zu charakterisieren und deren Bedeutung herauszuarbeiten.

Der Begriff der Schnittstelle wird in der Literatur auf vielfältige Weise umschrieben und findet Anwendung in unterschiedlichsten Fachgebieten. Eine Schnittstelle im Prozessmanagement wird beispielsweise nach Brecht-Hadraschek und Feldbrügge als Verbindungselement zwischen zwei Prozessen betrachtet. In diesem Kontext wird sie definiert als „Endereignis eines Prozesses, das den Start eines anderen Prozesses auslöst“ [Bre-2013, S. 42]. Ganz ähnlich positioniert sich Allweyer, indem er eine Prozessschnittstelle beschreibt als den „Übergang zwischen einem (Teil-)Geschäftsprozess und einem daran anschließenden (Teil-)Geschäftsprozess, der z. B. von einer anderen Organisationseinheit oder einem anderen Unternehmen durchgeführt wird“ [All-2005, S. 127].

Bossel hingegen formuliert eine Schnittstelle aus der Sicht der Modellbildung und Simulation als „Systemgrenze, an der Information, Energie oder Materie zwischen dem System und der Umwelt ausgetauscht werden kann“ [Bos-1994]. Als Erweiterung dazu sieht Stöckert nicht nur Austauschbeziehungen zwischen einem System und seiner Umgebung, sondern gleichermaßen zwischen Subsystemen [Stö-2011, S. 13]. Krug greift zusätzlich einen hierarchischen Gedanken bei der Begriffsbestimmung auf, indem er Schnittstellen als Punkte betrachtet, über welche Systeme und Super- bzw. Subsysteme miteinander interagieren. Als Beispiel hierfür nennt er die Wechselwirkung zwischen einem Industrieroboter und seinen Modulen [Kru-2013, S. 68].

In der Betriebswirtschaftslehre wird unter einer Schnittstelle gemäß Hauschildt und Salomo „eine soziale Beziehung von mindestens zwei Interaktionspartnern verstanden, ohne dass dabei eine technische Verbindung zwingend ist“ [Hau-2010, S. 80]. An einer Wechselbeziehung beteiligt sind zwei oder mehr verschiedene Teilbereiche, die durch organisatorische Kriterien voneinander abgegrenzt sind. Im Unter-

schied zu Krug sind die einzelnen Teilbereiche hierarchisch gleichgestellt und besitzen keinen gemeinsamen Vorgesetzten. Zwischen ihnen werden sowohl güterliche als auch finanzielle und informatorische Leistungen ausgetauscht. Die Interaktionen gelten als zwingend, so dass sich keiner der Bereiche abkoppeln kann. Allerdings sind sie durch Konflikte gekennzeichnet wie etwa Ressort-, Wissens- oder Machtkonflikte [Hau-2010, S. 80].

Im Rahmen der Dissertation wird eine Prozessschnittstelle als Verbindungselement zwischen zwei Logistikfunktionen entlang einer automatisierten Wertschöpfungskette interpretiert, wobei sich diese nicht auf der hierarchisch gleichen Ebene befinden müssen. Abhängig davon wird in horizontale und vertikale Schnittstellen unterschieden (siehe Abbildung 4-1). Die Übergabe eines Ladehilfsmittels von einem Förderprozess auf einen unmittelbar nachfolgenden, gleichgeordneten Pufferprozess erfolgt zum Beispiel über eine horizontale Schnittstelle ( $S_1$ ). Im Gegensatz dazu findet eine informationstechnische Kommunikation zwischen einem Barcode-Scanner und einem übergeordneten ERP-System über eine vertikale Schnittstelle statt ( $S_2$ ). Durch die Betrachtung von ausschließlich Material- und Informationsflüssen rücken im weiteren Verlauf lediglich Güter und Informationen als Austauschmedien an den Schnittstellen in den Fokus. Energetische sowie finanzielle Ströme sollen hierbei vernachlässigt werden. Die beiden Begriffe „Prozessschnittstelle“ und „Schnittstelle“ werden in der Arbeit als bedeutungsgleich angesehen.

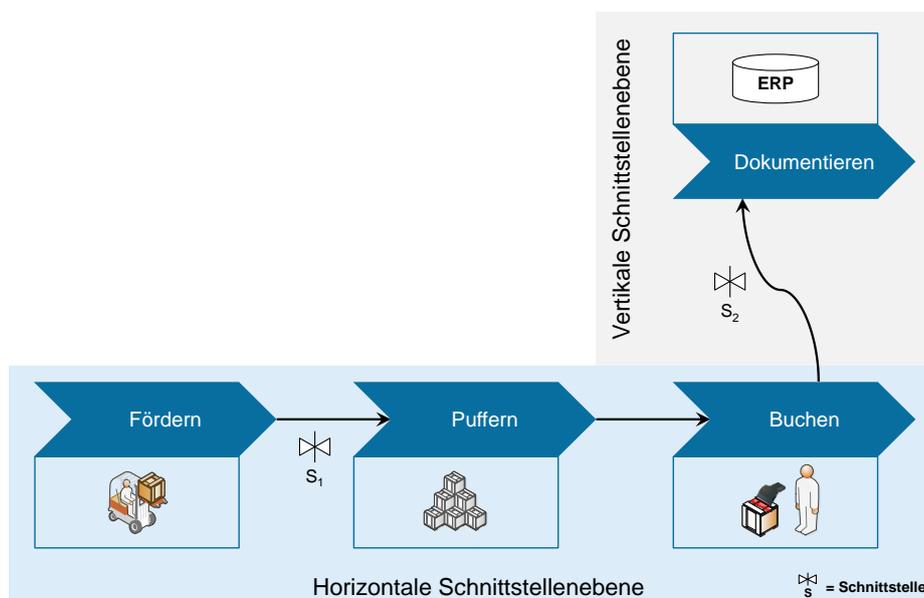


Abbildung 4-1: Horizontale und vertikale Schnittstellen

Trotz ihrer wichtigen Funktion als Verbindungspunkte zwischen Prozessen wird den Schnittstellen in der Praxis häufig zu wenig Beachtung geschenkt. Das ist – wie Silber treffend anmerkt – unter anderem der Tatsache geschuldet, dass sie sich an den Grenzen eines Aufgabengebietes, eines organisatorischen Bereiches oder eines technischen Systems befinden. Erst bei größeren Problemen treten die Schnittstellen in den Vordergrund [Sil-2007, S. 61].

### **4.2 Kategorisierung von Prozessschnittstellen**

Um Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten strukturieren zu können, muss vorab eine Kategorisierung vorgenommen werden. Dieser Schritt ist essentiell, weil sich die einzelnen Schnittstellen in ihren Eigenschaften und Anforderungen zum Teil erheblich voneinander unterscheiden. Der Begriff der Schnittstelle ist – wie in Kapitel 4.1 bereits erwähnt – in der Literatur jedoch sehr weit verbreitet. Das führt in der Folge dazu, dass viele Schnittstellenarten in den Fachbüchern beschrieben werden. Aus der dargebotenen Vielfalt gilt es jene zu selektieren, die sich für den vorliegenden Anwendungsfall als relevant und zielführend erweisen.

Nach Clausen lassen sich logistische Schnittstellen in vier Typen gliedern. Er sieht als erstes technische Schnittstellen, deren Aufgabe darin liegt, die komplexen Systeme sowohl in der Produktionsversorgung als auch Produktionsentsorgung zu verbinden. Als Beispiel für technische Schnittstellenprozesse führt er Be- und Entladevorgänge an. Neben Schnittstellen im Materialfluss betrachtet Clausen auch informationstechnische Schnittstellen, über die der Informationsaustausch bzw. die Kommunikation in der gesamten Logistikkette abgewickelt wird. Außerdem unterscheidet er organisatorische Schnittstellen, welche gerade bei der Beteiligung mehrerer Partner innerhalb einer unternehmensübergreifenden Kooperation von Bedeutung sind. Sie dienen dabei zur Abgrenzung von Zuständigkeiten und Kompetenzen. Nicht zuletzt weist Clausen auf die Existenz von juristischen Schnittstellen hin. Demnach müssen vor allem Gefahrenübergänge zum Beispiel bei der Objektübergabe von einem Logistikdienstleister auf den OEM vertraglich fixiert werden [Cla-2005, S. 9ff.].

Krug bezieht sich bei der Beschreibung gängiger Schnittstellenarten auf die Produktionsumgebung. Hierbei werden zunächst Hardware-Schnittstellen genannt, die sich wiederum in mechanische und pneumatische Schnittstellen näher spezifizieren lassen. Erstere sorgen unter anderem für eine Kraftübertragung, während Letztere zur Druckluftversorgung eingesetzt werden können. Ferner differenziert Krug in

elektrische Schnittstellen zur Stromversorgung sowie informationstechnische bzw. Software-Schnittstellen zur Datenübertragung [Kru-2013, S. 68ff.].

Eine ähnliche Form der Aufteilung wählt Wörn für den Maschinen- und Anlagenbau, indem er in technologische und steuerungstechnische Schnittstellen unterscheidet. In den technologischen Sektor ordnet er sowohl mechanische als auch Software-Schnittstellen ein [Wör-2008, S. 77].

Vor dem Hintergrund einer vernetzten Fabrik definieren Schenk und Wirth material-technische, partnerschaftliche sowie betriebswirtschaftliche Schnittstellen zur Kopp- lung von Fertigungsplätzen. Im material-technischen Bereich fassen sie dabei all jene Schnittstellen zusammen, die sich entlang der Betriebsmittel-, Material-, Infor- mations- und Energieflüsse befinden. Die partnerschaftlichen Schnittstellen bezie- hen sich auf die Kommunikation zwischen den in verschiedenen Leistungseinheiten arbeitenden Menschen. Deren Verständigung untereinander hängt stark vom ge- genseitigen Vertrauen und mentalen Aspekten ab. Über die betriebswirtschaftlichen Schnittstellen wird schließlich der Kapitalfluss abgewickelt [Sch-2004, S. 132ff.].

Darüber hinaus beschreiben Schenk und Wirth ebenso klassische Typen von Schnittstellen zur Vernetzung ganzer Produktionsstätten. In diesem Kontext nennen sie physische bzw. flusssystemorientierte, prozessuale und organisatorische Schnittstellen [Sch-2004, S. 380].

Sehr häufig in der Literatur anzutreffen ist auch die sogenannte Mensch-Maschine- Schnittstelle. Baumann und Lanz beschreiben sie als „Teil eines elektronischen Gerätes, der zum Informationsaustausch zwischen dem Benutzer und dem Gerät dient“ [Bau-1998, S. 28]. Diese Art von Schnittstelle verfügt einerseits über Bedien- elemente, um Informationen vom Menschen an die Maschine übertragen zu kön- nen. Andererseits besteht sie aus Anzeigeelementen, welche Informationen in um- gekehrter Richtung – also von der Maschine zum Menschen – transferieren. Zu- sätzlich besitzt die Schnittstelle eine innere Struktur, die sich aus Hard- und Soft- ware zusammensetzt [Bau-1998, S. 28]. Zimmermann et al. sprechen im Rahmen der Mensch-Maschine-Kommunikation auch von einer informationellen Schnittstelle [Zim-1992, S. III].

Auf Basis der Rechercheergebnisse werden für die vorliegende Forschungsarbeit drei Schnittstellenarten abgeleitet: Physische, informationelle und menschliche Pro- zessschnittstellen. Damit können sämtliche Prozesse innerhalb der Material- und Informationsflüsse einer Logistikkette vollumfänglich miteinander verknüpft werden.

Jede Schnittstellenart wird nachfolgend ausführlich charakterisiert, um ein einheitliches Verständnis zu erzeugen.

### 4.2.1 Physische Prozessschnittstellen

Unter einer physischen Prozessschnittstelle versteht man den Übergang eines Gutes entlang des Materialflusses von einem Arbeitsmittel auf das nächste oder von einem Arbeitsmittel auf eine Person bzw. in umgekehrter Richtung.

Der zentrale Begriff des Arbeitsmittels umfasst dabei ganz grundlegend „alle technischen Mittel und natürlichen Gegebenheiten, mit deren Hilfe der Mensch auf den Gegenstand seiner Arbeit einwirkt und ihn seiner Absicht entsprechend verändert“ [Gro-1989, S. 58]. Als potentielle Arbeitsmittel gelten nach Jünemann und Schmidt Transport-, Förder-, Lager-, Produktions- sowie Handhabungsmittel [Jün-2000, S. 265]. Im Rahmen der Arbeit wird dieses Spektrum um Verpackungs- und Prüfmittel erweitert.

Der Vorgang eines Güterüberganges an einer physischen Schnittstelle kann über ein Zustandsmodell in allgemeingültiger Form beschrieben werden (siehe Abbildung 4-2). Im Ausgangszustand befindet sich das Gut auf dem ersten Arbeitsmittel unter Einwirkung seiner Gewichtskraft. Während der Transferphase wird das Gut abgebende Arbeitsmittel sukzessive entlastet, während das nachfolgende Arbeitsmittel zeitgleich immer stärker belastet wird. Der Endzustand beschreibt die vollständige Entlastung des vorangehenden Arbeitsmittels und somit die vollständige Belastung des zweiten Arbeitsmittels durch das transferierte Gut.

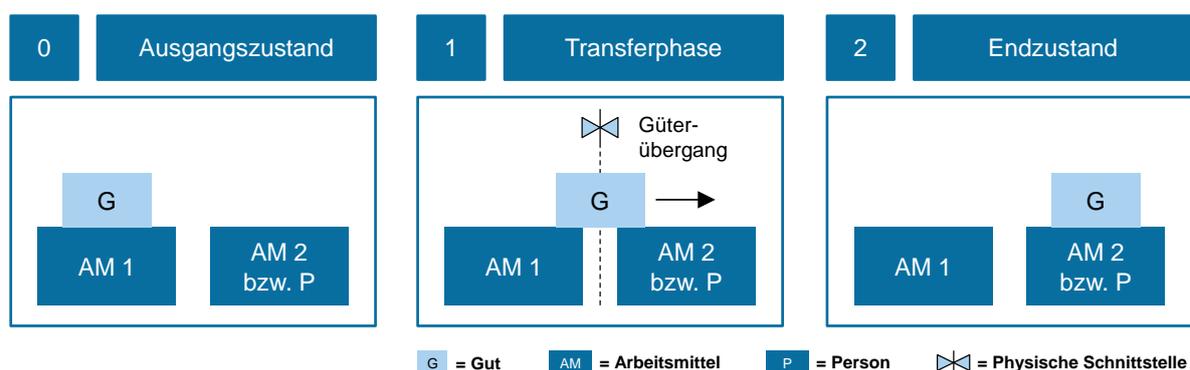
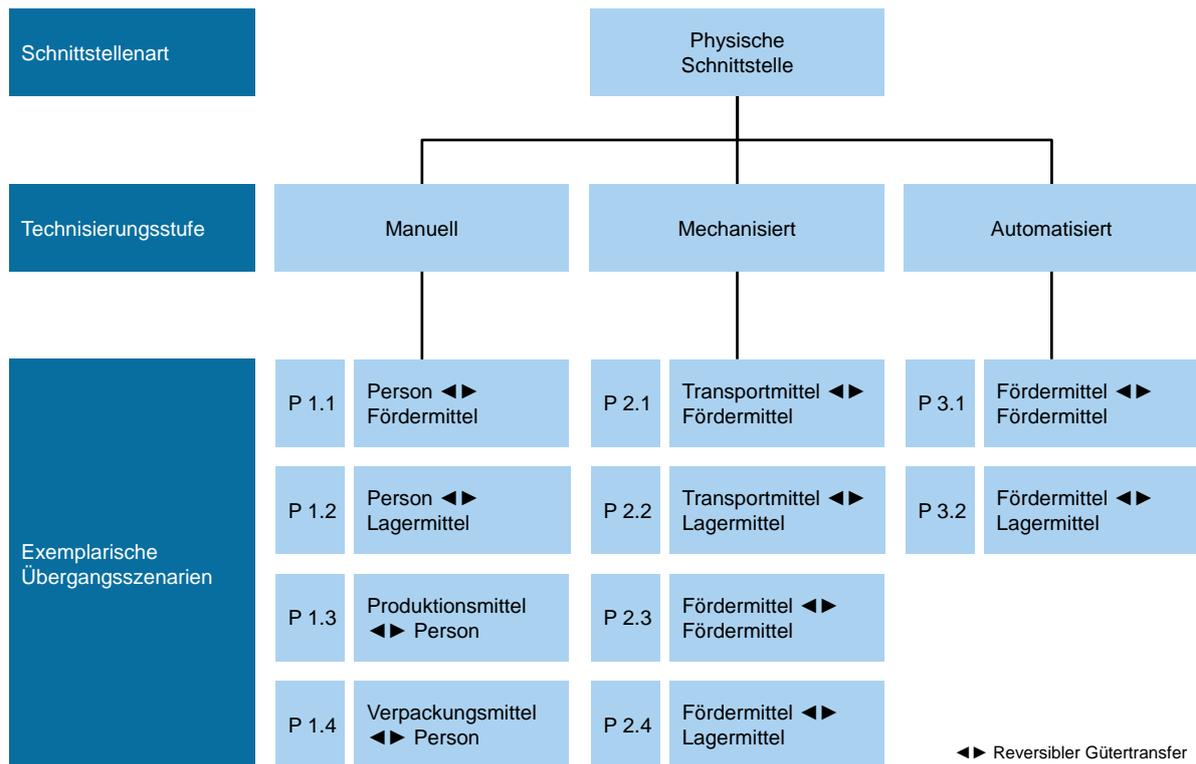


Abbildung 4-2: Zustandsmodell für physische Schnittstellen

Der Güterübergang an einer physischen Schnittstelle kann dabei in Abhängigkeit des Technisierungsgrades in drei unterschiedlichen Stufen ablaufen. Der menschliche Anteil an den energetischen, ausführenden sowie steuernden Arbeitsfunktionen

nimmt dabei mit zunehmender Technisierung ab. Bei der manuellen Abwicklung eines Güterüberganges wird die Operationsenergie durch den Menschen bereitgestellt. Ebenso obliegt ihm die Ausführung sowie Steuerung des gesamten Prozesses. Bei einem mechanisierten Arbeitsprozess hingegen tritt eine Funktionsteilung zwischen dem Menschen und technischen Mitteln auf, indem Ersterer von energetischen und ausführenden Funktionen befreit wird. Lediglich steuernde Tätigkeiten werden weiterhin von menschlicher Seite geleistet. Sobald jene auch auf ein technisches System übertragen werden, liegt ein automatisierter Arbeitsprozess zugrunde. Hierbei wird der Mensch sowohl von körperlichen als auch geistigen Tätigkeiten entlastet [Gro-1989, S. 54ff.]. Zu jeder Technisierungsstufe sind in Abbildung 4-3 Beispiele für mögliche Übergangsszenarien aufgelistet, welche im Folgenden näher beschrieben werden. Bei diesen Szenarien, welche später in Kapitel 4.3 als Referenzen herangezogen werden, handelt es sich um reversible Prozesse, das heißt, ein Gut kann jeweils in beide Richtungen transferiert werden.

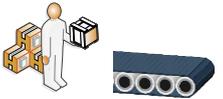
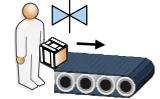
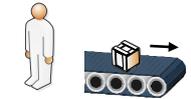
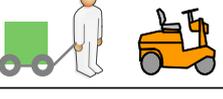
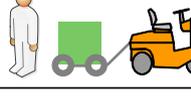
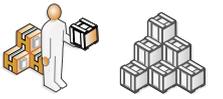
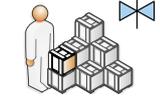
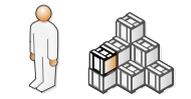
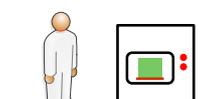
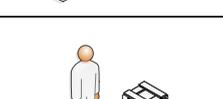
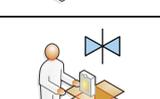


**Abbildung 4-3: Strukturierung von physischen Schnittstellen**

Eine im Logistikalltag häufig auftretende manuelle physische Schnittstelle resultiert bei der Übergabe eines Gutes von einer Person auf ein Fördermittel (P 1.1). So kann etwa ein Kommissionierer eine Kiste über ein Förderband abtransportieren lassen. Die Schnittstelle entsteht dabei just in dem Moment, wo das Förderband mit

der Kiste belastet und der Kommissionierer entsprechend davon entlastet wird. Die Kombination aus Mensch und Fördermittel im Rahmen eines Gütertransfers lässt sich auch bei der Beladung von Routenzügen beobachten. Eine physische Schnittstelle tritt hier beispielsweise während des Ankoppelvorganges in Erscheinung, sobald ein beladener Anhänger manuell mit einer Zugmaschine verbunden wird. Neben innerbetrieblichen Fördermitteln dienen vielfach auch Lagermittel als potentielle Senken bei manuellen Übergabeprozessen (P 1.2). Ein klassisches Beispiel beschreibt die Einlagerung einer Kiste in einem Bodenlager durch das hierfür verantwortliche Personal. Eine Schnittstelle physischer Art ergibt sich in diesem Fall beim Belasten des freien Lagerplatzes und dem damit einhergehenden Entlasten des Lagermitarbeiters. Eine im Produktionsumfeld gängige Interaktion tritt zwischen einem Produktionsmittel und einer Person auf (P 1.3), wenn etwa ein Werkstück durch den Werker aus einer Fertigungsanlage entnommen wird. Als Schnittstelle gilt der Zeitpunkt des Greifens und Anhebens des Werkstücks, da hierbei die Hände des Werkers belastet werden, während im Gegenzug der Werkstückträger in der Anlage entlastet wird. Ein letztes manuelles Übergangsszenario ist charakteristisch für den Wareneingang und betrachtet den Transfer eines Gutes von einem Verpackungsmittel auf einen Menschen (P 1.4). Ein konkretes Fallbeispiel bezieht sich auf das Entpacken einer Ware aus einer Kartonage. Analog zu den bisher beschriebenen Szenarien entsteht die physische Schnittstelle bei der Aufnahme des Gutes durch menschliche Hände nach dem Öffnen der Kartonage. In Abbildung 4-4 werden die Referenzszenarien für manuelle physische Schnittstellen nochmals zusammengefasst.

## 4.2 Kategorisierung von Prozessschnittstellen

Ref.-Nr.	Ausgangszustand	Transferphase	Endzustand	Beschreibung
P 1.1				Übergang einer Kiste ([G]) von Kommissionierer ([P]) auf Förderband ([AM]) ✦ Belasten des Förderbandes bzw. Entlasten des Kommissionierers
				Übergang eines Anhängers ([G]) von Routenzugfahrer ([P]) auf Zugmaschine ([AM]) ✦ Verbinden Anhänger mit Zugmaschine (Ankoppeln)
P 1.2				Übergang einer Kiste ([G]) von Lagermitarbeiter ([P]) auf Bodenlager ([AM]) ✦ Belasten des freien Lagerplatzes bzw. Entlasten des Lagermitarbeiters
P 1.3				Übergang eines Werkstücks ([G]) von Fertigungsanlage ([AM]) auf Werker ([P]) ✦ Belasten des Werkers bzw. Entlasten des Werkstückträgers in Anlage
P 1.4				Übergang einer Ware ([G]) von Kartonage ([AM]) auf Entpacker ([P]) ✦ Belasten des Entpackers bzw. Entlasten der Kartonage

[G] = Gut    [P] = Person    [AM] = Arbeitsmittel    ✦ = Physische Schnittstelle

**Abbildung 4-4: Referenzszenarien für manuelle physische Schnittstellen**

Ein typisches Beispiel für eine mechanisierte physische Schnittstelle lässt sich bei der Verknüpfung von außer- und innerbetrieblichem Materialfluss erkennen. Während eines Entladevorganges kann etwa eine Palette von einem Lkw als externes Transportmittel auf einen Stapler als internes Fördermittel übergehen (P 2.1). Die Schnittstelle entsteht dabei, sobald die Staplerzinken beim Anheben der Palette belastet werden. Im gleichen Augenblick wird die Ladefläche des Lkw entlastet. Ein weiteres Szenario beschreibt das Überwechseln eines Gutes von einem Transport- auf ein Lagermittel (P 2.2). Dies ist unter anderem in der Hafenlogistik zu beobachten, wenn beispielsweise ein Lkw von einem Frachtschiff in einen Hafen einfährt. Unmittelbar beim Überqueren der Schiffsrampe bildet sich eine physische Schnittstelle in der Prozesskette, indem das Schiff als vorangehendes Arbeitsmittel entlastet und der Hafen als anschließender Warteplatz für den Lkw durch dessen Gewichtskraft belastet wird. Einen Gütertransfer von einem Transport- auf ein Lagermittel beinhaltet auch das sogenannte Warehouse-on-Wheels-Konzept, bei dem ein Vollgut-Lkw-Trailer zum Zwecke kurzer Materialbereitstellungswege möglichst nahe am Bedarfsort abgestellt wird. Dessen Belieferung erfolgt anschließend direkt aus dem Lkw. Die Rückführung des Leergutes geschieht über einen zweiten Trailer, welcher sich neben dem Vollgut-Trailer befindet [Klu-2010, S. 278]. Beim Abkoppeln des Vollgut-Trailers von der Zugmaschine liegt eine physische Schnittstelle

## 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

vor, da jener in diesem Moment vom Transportmittel Lkw auf einen Pufferplatz übergeht. In der Intralogistik stellt insbesondere die Güterübergabe zwischen zwei Fördermitteln ein häufig praktiziertes Szenario dar (P 2.3). Exemplarisch hierfür sei die Weitergabe einer Palette von einem Stapler an ein Förderband erwähnt. Die physische Schnittstelle entsteht in diesem Fall beim Absetzen der Palette auf dem Förderband, wodurch jenes belastet und die Staplerzinken zeitgleich entlastet werden. Sehr oft in Erscheinung tritt ebenso die Situation, dass ein Gut von einem Förder- auf ein Lagermittel transferiert wird (P 2.4). Beispielhaft sei das Einlagern einer Palette in einem Hochregallager mit Hilfe eines Staplers angeführt. Die Schnittstelle entsteht wiederum bei der Lastübergabe von den Staplerzinken auf den freien Lagerplatz. Die vorgestellten Referenzszenarien für mechanisierte physische Schnittstellen sind in Abbildung 4-5 nochmals dargestellt.

Ref.-Nr.	Ausgangszustand	Transferphase	Endzustand	Beschreibung
P 2.1				Übergang einer Palette (G) von Lkw (AM1) auf Stapler (AM2) ✦ Belasten der Staplerzinken bzw. Entlasten der Lkw-Ladefläche
P 2.2				Übergang eines Lkw (G) von Schiff (AM1) auf Hafen (AM2) ✦ Belasten des Hafenplatzes bzw. Entlasten des Schiffes
				Übergang eines Vollgut-Trailers (G) von Lkw (AM1) auf Pufferplatz (AM2) ✦ Trennen Trailer von Zugmaschine (Abkoppeln)
P 2.3				Übergang einer Palette (G) von Stapler (AM1) auf Förderband (AM2) ✦ Belasten der Förderbandes bzw. Entlasten der Staplerzinken
P 2.4				Übergang einer Palette (G) von Stapler (AM1) auf Hochregallager (AM2) ✦ Belasten des freien Lagerplatzes bzw. Entlasten der Staplerzinken

G = Gut AM = Arbeitsmittel ✦ = Physische Schnittstelle

**Abbildung 4-5: Referenzszenarien für mechanisierte physische Schnittstellen**

Nicht zuletzt bietet die industrielle Praxis auch eine Vielzahl an automatisiert ablaufenden physischen Schnittstellen. Eine solche kann zum einen bei der Verkettung von Fördermitteln auftreten (P 3.1). Beim innerbetrieblichen Transport einer Kiste über zwei miteinander verknüpfte Förderbänder wird beispielsweise während der Übergangsphase eine Schnittstelle hervorgerufen. Dabei wird die Güterlast schrittweise vom vorgelagerten Förderband auf das nachfolgende übergeben. Zum ande-

ren kann der Güterfluss von einem Förder- auf ein Lagermittel eine physische Schnittstelle verursachen, die nicht von menschlicher Seite beeinflusst wird (P 3.2). Stellvertretend hierfür sei die Einlagerung einer Palette in einem Hochregallager über ein Regalbediengerät genannt. Die Schnittstelle entsteht beim Absetzen des Gutes auf dem zugewiesenen Lagerplatz. Jener erfährt dadurch eine Belastung, wohingegen die Teleskopgabeln des Regalbediengerätes entlastet werden. Abbildung 4-6 zeigt die beiden dargelegten Referenzszenarien für automatisierte physische Schnittstellen nochmals im Überblick.

Ref.-Nr.	Ausgangszustand	Transferphase	Endzustand	Beschreibung
P 3.1				<p>Übergang einer Kiste ([G]) von Förderband 1 ([AM1]) auf Förderband 2 ([AM2])</p> <p>⊠ Belasten des Förderbandes 2 bzw. Entlasten des Förderbandes 1</p>
P 3.2				<p>Übergang einer Palette ([G]) von Regalbediengerät ([AM1]) auf Hochregallager ([AM2])</p> <p>⊠ Belasten des freien Lagerplatzes bzw. Entlasten der Teleskopgabeln</p>

[G] = Gut      [AM] = Arbeitsmittel      ⊠ = Physische Schnittstelle

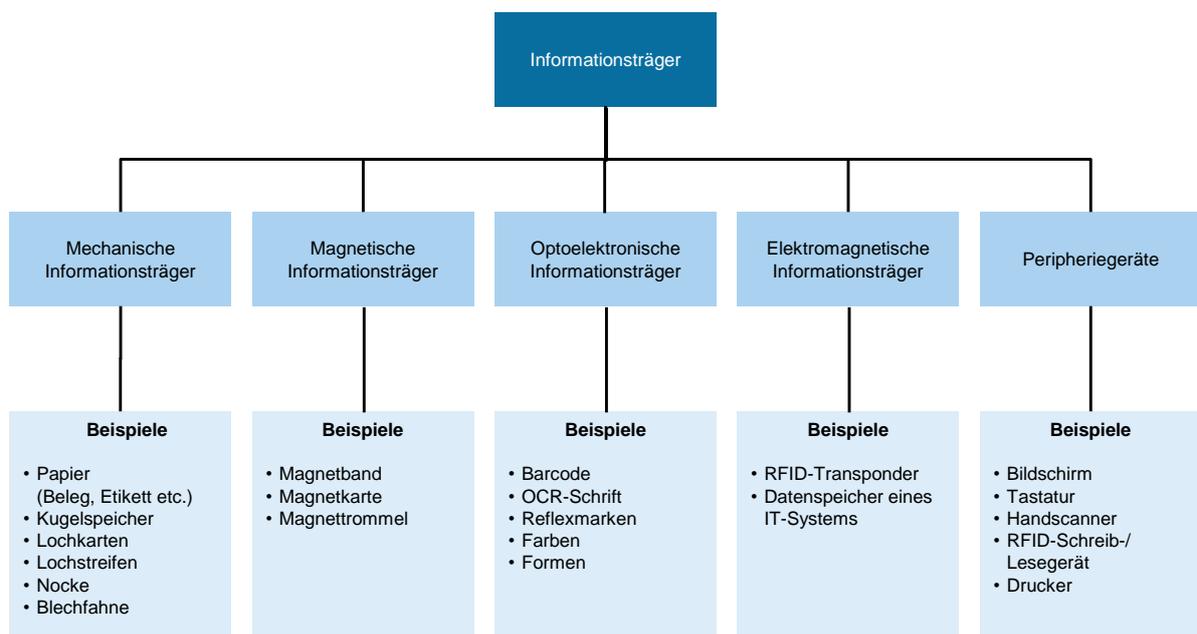
Abbildung 4-6: Referenzszenarien für automatisierte physische Schnittstellen

### 4.2.2 Informationelle Prozessschnittstellen

Eine informationelle Prozessschnittstelle ist definiert als Übergang einer Information entlang des Informationsflusses von einem Informationsträger auf den nächsten oder von einem Informationsträger auf eine Person bzw. in umgekehrter Richtung.

Hierbei wird ein Informationsträger als „Medium, welches zur Speicherung und Weitergabe von Informationen geeignet ist“ [Str-2007, S. 232] bezeichnet. Es lassen sich nach Martin – wie Abbildung 4-7 zu entnehmen ist – mehrere Typen von Informationsträgern in Abhängigkeit des physikalischen Grundprinzips unterscheiden. Mechanische Ausprägungsformen sind dadurch charakterisiert, dass sie nur einmal beschrieben werden können und eine geringe Informationsdichte aufweisen. Magnetische Informationsträger hingegen verfügen über eine hohe Kapazität zur Datenaufnahme und besitzen darüber hinaus eine gute Lesefähigkeit. Die optoelektronischen sowie elektromagnetischen Ausführungen zählen insbesondere in der Logistik zu den aktuell vorherrschenden Informationsträgern. Darunter fallen neben ein- und mehrdimensionalen Barcodes auch RFID-Transponder [Mar-2014, S. 505]. In Erweiterung zu Martin werden in der vorliegenden Dissertation neben reinen Da-

tenspeichern ebenso Peripheriegeräte als Informationsträger angesehen, da jene Informationen weitergeben können. Darunter fallen etwa Bildschirme, welche Informationen an einen Menschen in Form einer visuellen Anzeige transferieren. Umgekehrt ermöglichen Tastaturen die manuelle Dateneingabe in ein IT-System. Weiterhin eignen sich Handscanner und RFID-Schreib-/ Lesegeräte als Informationsübermittler, indem sie Daten beispielsweise an ein übergeordnetes IT-System per Funktechnik kommunizieren. Nicht zuletzt seien Drucker erwähnt, wodurch elektronisch gespeicherte Informationen auf Papier übertragen werden können.

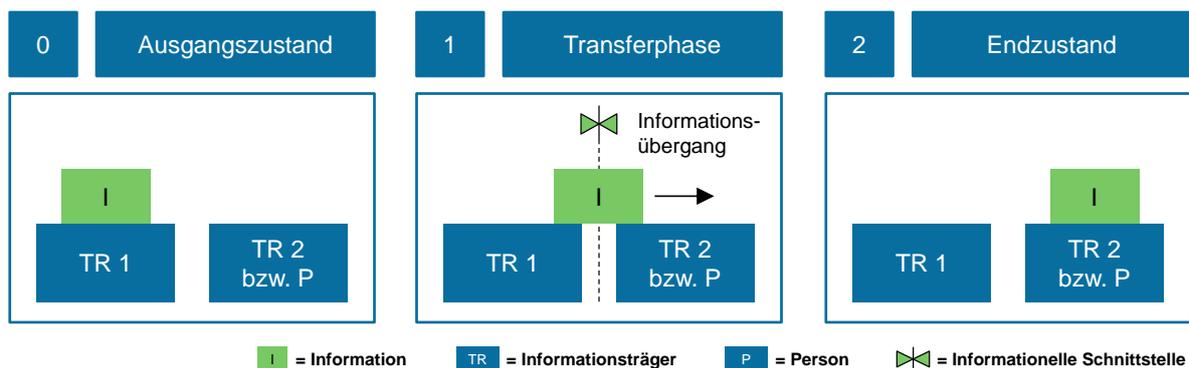


**Abbildung 4-7: Überblick über verschiedene Typen von Informationsträgern  
(in Anlehnung an [Mar-2014, S. 505])**

Zu den informationellen Schnittstellen zählen in erster Linie solche, die bei der Interaktion zwischen oder mit informationstechnischen Systemen auftreten. Nach einer Definition des Bundesministeriums der Justiz im Zusammenhang mit Online-Durchsuchungen bestehen derartige Systeme aus Hardware, Software sowie Daten, um sowohl Informationen als auch Daten erfassen, speichern, verarbeiten, übertragen und anzeigen zu können. Darunter fallen Einzelplatzrechner, Großrechner bzw. Server, Speichermedien, digitale Anrufbeantworter oder auch das Internet [Bun-2007a, S. 2ff.]. In Erweiterung zu Zimmermann et al. (siehe Kapitel 4.2) umfassen informationelle Schnittstellen im Rahmen der Dissertation jedoch nicht nur die Mensch-Maschine-Kommunikation als Beispiel für eine informationstechnische Schnittstelle. Vielmehr werden sämtliche Formen der Informationstransformation

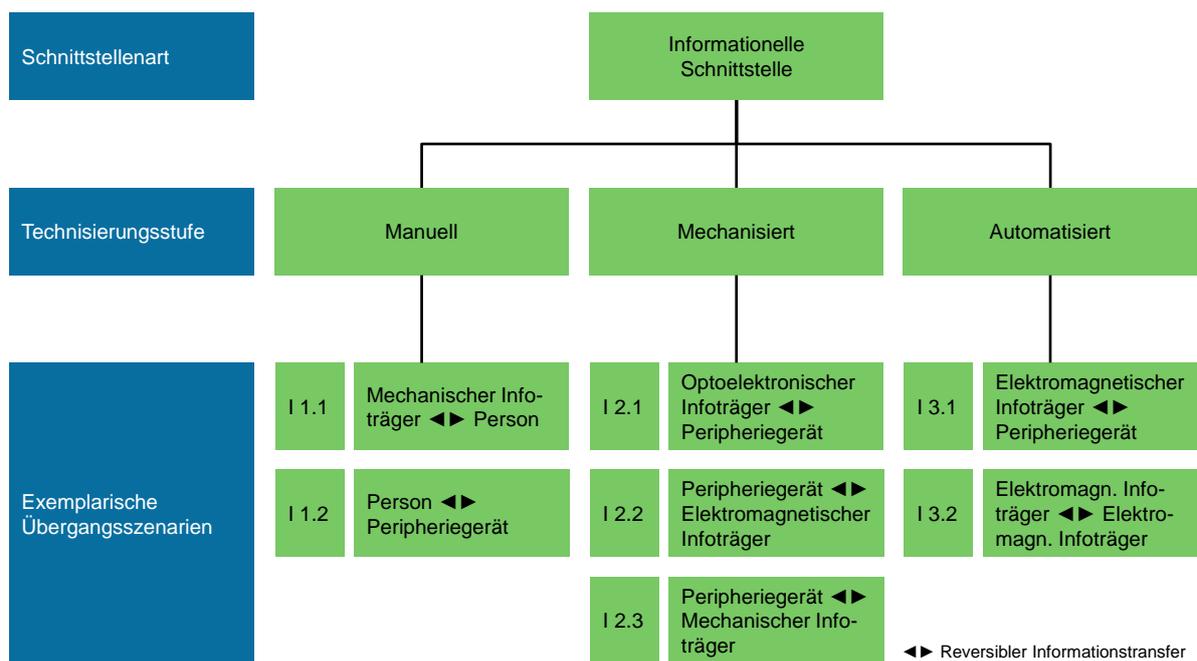
zwischen den in Abbildung 4-7 beschriebenen Informationsträgern mit oder ohne menschlicher Beteiligung berücksichtigt.

Ähnlich der Modellierung von Güterübergängen in Kapitel 4.2.1 lassen sich auch Informationsübergänge an informationellen Schnittstellen über verschiedene Zustände beschreiben. So besitzt im Ausgangszustand der erste Informationsträger (Sender) – wie in Abbildung 4-8 dargestellt – eine Information, über die der zweite (Empfänger) noch nicht verfügt. Innerhalb der anschließenden Transferphase geht die Information dann von Sender- auf Empfängerseite über. Abhängig von der Art der gekoppelten Informationsträger sowie der zu überbrückenden Entfernung können verschiedene Übertragungstechnologien realisiert werden. Auf einige Beispiele hierzu wird im weiteren Kapitelverlauf noch eingegangen. Die Transferphase beginnt mit der Abgabe der Information beim Sender und endet mit deren Aufnahme beim Empfänger. Der Endzustand wird mit dem vollständigen Eingang der Information beim zweiten Informationsträger erreicht, so dass jene in einem nächsten Schritt entsprechend verarbeitet werden kann.



**Abbildung 4-8: Zustandsmodell für informationelle Schnittstellen**

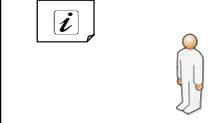
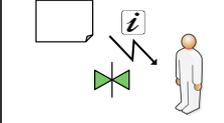
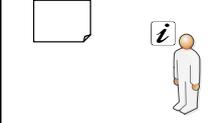
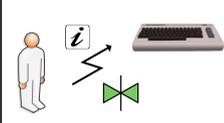
Eine Möglichkeit zur Strukturierung von informationellen Schnittstellen besteht – analog zu physischen Schnittstellen – in deren Einteilung nach dem Technisierungsgrad. Je nach dem, in welchem Umfang der Mensch an einem Informationsübergang beteiligt ist, lässt sich wiederum eine Differenzierung in manuelle, mechanisierte sowie automatisierte Schnittstellen vornehmen. Abbildung 4-9 beinhaltet zu jeder Technisierungsstufe exemplarische Übergangsszenarien. Diese werden nachfolgend näher erläutert und dienen als Referenzen mit Blick auf die Ausführungen in Kapitel 4.3. Sämtlichen Szenarien liegt dabei eine Reversibilität zugrunde, so dass jeweils ein Informationsfluss in beide Richtungen möglich ist.



**Abbildung 4-9: Strukturierung von informationellen Schnittstellen**

Das Auftreten einer manuellen informationellen Schnittstelle lässt sich klassischerweise im Rahmen eines Informationsaustausches zwischen einem mechanischen Informationsträger und einer Person beobachten (I 1.1). Ein konkretes Beispiel dazu liefert der Übergang einer Teilenummer von einem VDA-Label auf einen Mitarbeiter im Lager, um auf Basis der erhaltenen Information den entsprechenden Lagerort auswählen zu können. Das Ablesen der Teilenummer bildet hierbei die informationelle Schnittstelle. Eine solche resultiert ebenso bei einem Informationstransfer von einer Person auf ein Peripheriegerät (I 1.2). Denkbar in diesem Kontext ist etwa die systemseitige Dokumentation einer Teilenummer nach einem Einlagevorgang mit Hilfe einer Tastatur. Die Schnittstelle entsteht während der Tastatureingabe durch den Lagermitarbeiter. Die beiden betrachteten Referenzszenarien für manuelle informationelle Schnittstellen werden in Abbildung 4-10 nochmals in einer Übersicht aufgeführt.

## 4.2 Kategorisierung von Prozessschnittstellen

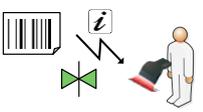
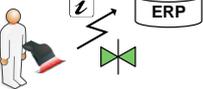
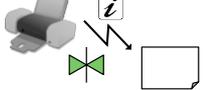
Ref.-Nr.	Ausgangszustand	Transferphase	Endzustand	Beschreibung
I 1.1				Übergang einer Teilenummer (I) von VDA-Label (TR) auf Lagermitarbeiter (P)  Ablesen der Teilenummer durch Lagermitarbeiter
I 1.2				Übergang einer Teilenummer (I) von Lagermitarbeiter (P) auf Tastatur (TR)  Tastatureingaben durch Lagermitarbeiter

 = Information   
 = Person   
 = Informationsträger   
 = Informationelle Schnittstelle

**Abbildung 4-10: Referenzszenarien für manuelle informationelle Schnittstellen**

Aufgrund der hohen Fehlerwahrscheinlichkeit bei manuellen Vorgängen gewinnen mechanisierte Informationsflüsse zunehmend an Bedeutung. Beim Erfassen von prozessrelevanten Daten werden deswegen oftmals Lösungen favorisiert, bei denen Barcodes und Scanner zum Einsatz kommen. Dabei werden Daten von einem optoelektronischen Informationsträger auf ein Peripheriegerät übertragen (I 2.1). Eine als Barcode verschlüsselte Teilenummer kann somit beispielsweise mit Hilfe eines Handscanners in eine elektronische Form überführt werden. Während des Scanvorganges wird dabei eine informationelle Schnittstelle durchlaufen, indem der Barcode über Rot- bzw. Infrarotlicht gelesen wird. Eine weitere informationelle Schnittstelle entsteht bei der Weitergabe der decodierten Teilenummer an den Datenspeicher eines übergeordneten ERP-Systems. In diesem Fall werden Informationen von einem Peripheriegerät an einen elektromagnetischen Informationsträger gesendet (I 2.2). Die Schnittstelle tritt während des Datentransfers auf, welcher mittlerweile vielfach über ein WLAN-Funknetz realisiert wird. Bei einem dritten Szenario wird eine Informationsübertragung von einem Peripheriegerät auf einen mechanischen Informationsträger betrachtet (I 2.3). Diese Konstellation lässt sich etwa beim Übergang einer Teilenummer von einem Drucker auf ein VDA-Label registrieren. Der Druckvorgang bildet dabei eine informationelle Schnittstelle, bei welcher elektronische Daten in ein entsprechendes Druckbild auf Papier überführt werden. In allen drei beschriebenen Fällen übernimmt der Mensch eine steuernde Funktion, indem er den Informationstransfer jeweils auslöst. Abbildung 4-11 fasst die Referenzszenarien für mechanisierte informationelle Schnittstellen zusammen.

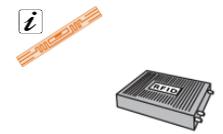
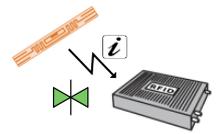
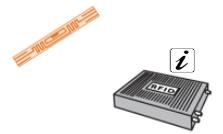
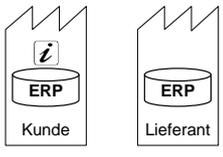
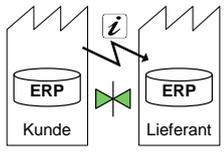
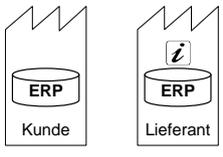
## 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

Ref.-Nr.	Ausgangszustand	Transferphase	Endzustand	Beschreibung
I 2.1				Übergang einer Teilenummer (I) von Barcode (TR) auf Handscanner (TR) ▶ Scannen des Barcodes über Rot- bzw. Infrarotlicht
I 2.2				Übergang einer Teilenummer (I) von Handscanner (TR) auf ERP-System (TR) ▶ Datentransfer an Datenspeicher des ERP-Systems über WLAN-Funknetz
I 2.3				Übergang einer Teilenummer (I) von Drucker (TR) auf VDA-Label (TR) ▶ Druckvorgang (Erzeugen Druckbild aus elektronischen Daten)

I = Information   
 TR = Informationsträger   
 ▶ = Informationelle Schnittstelle

**Abbildung 4-11: Referenzszenarien für mechanisierte informationelle Schnittstellen**

Die nächste Steigerungsform bei der technischen Abwicklung eines Informationsflusses liegt darin, jenen zu automatisieren. Exemplarisch hierfür sei zunächst einmal der Informationstransfer von einem elektromagnetischen Informationsträger auf ein Peripheriegerät erwähnt (I 3.1). Ein solcher lässt sich unter anderem bei der Verwendung eines RFID-Systems beobachten, wenn Informationen ohne menschliches Einwirken von einem Transponder auf ein Schreib-/ Lesegerät berührungslos übergehen. Die informationelle Schnittstelle zwischen beiden Komponenten entsteht unmittelbar beim Übertragen der Daten mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen. Nähere technische Details zur Funktionsweise eines RFID-Systems sind in Kapitel 6.2.6 dargelegt. Ein zweites Szenario, das eine automatisierte informationelle Schnittstelle nach sich ziehen kann, befasst sich mit dem Informationstransfer zwischen zwei elektromagnetischen Informationsträgern (I 3.2). Ein gängiger Anwendungsfall ergibt sich etwa aus der Vernetzung der Datenspeicher zweier unterschiedlicher ERP-Systeme. Hierbei kann im Rahmen eines automatisiert ablaufenden Dispositionsprozesses ein Bestellauftrag aus dem ERP-System des Kunden an jenes auf Lieferantenseite übermittelt werden. Als Schnittstelle fungiert wiederum die Phase des Datentransfers, welcher in der Regel per Datenfernübertragung erfolgt. Das letzte Beispiel zeigt, dass informationelle Schnittstellen keineswegs nur lokal in der Intralogistik auftreten, sondern gleichermaßen unternehmensübergreifend zwischen den Wertschöpfungspartnern einer Supply Chain. Die Referenzszenarien für automatisierte informationelle Schnittstellen sind in Abbildung 4-12 nochmals dargestellt.

Ref.-Nr.	Ausgangszustand	Transferphase	Endzustand	Beschreibung
I 3.1				<p>Übergang einer Teilenummer (I) von RFID-Transponder (TR1) auf Schreib-/ Lesegerät (TR2)</p> <p>➤ Datentransfer an Schreib-/ Lesegerät über elektromagnetische Wellen</p>
I 3.2				<p>Übergang eines Bestellauftrages (I) von ERP-System des Kunden (TR1) auf ERP-System des Lieferanten (TR2)</p> <p>➤ Datentransfer an Datenspeicher des Lieferanten-ERP-Systems per Datenfernübertragung</p>

I = Information   
 TR = Informationsträger   
 ➤ = Informationelle Schnittstelle

**Abbildung 4-12: Referenzszenarien für automatisierte informationelle Schnittstellen**

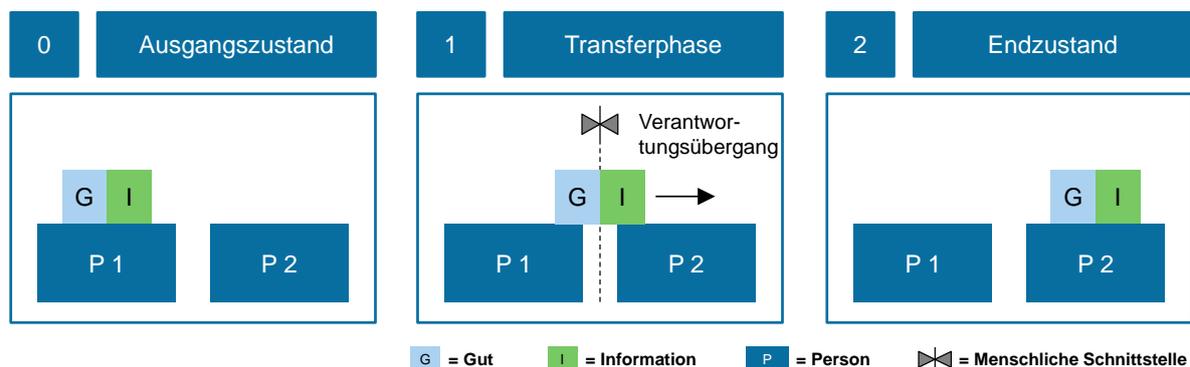
Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass durch das stufenweise Übertragen von ein und derselben Information auf mehrere Informationsträger entlang einer Kommunikationskette Medienbrüche und somit Schnittstellen erzeugt werden. Diese wirken sich negativ auf die Effizienz der Kette aus. So ist jede informationelle Schnittstelle zunächst einmal mit einer Hemmung des Informationsflusses verbunden. Weiterhin führt ein Medienbruch zu Mehrfacharbeit und einer Senkung der Produktivität, wenn beispielsweise Informationen in einem ersten Schritt in einer Datenbank erfasst und zu einem späteren Zeitpunkt in ein nicht integriertes Textverarbeitungssystem überführt werden. Zudem besteht bei einem Informationstransfer – gerade bei manuellen Abschreib- und Eingabevorgängen – stets das Risiko eines Informationsverlustes oder Übertragungsfehlers. Daher bergen vor allem Prozessabläufe, bei denen nicht elektronische Informationsträger verwendet werden, Optimierungspotentiale ([Bre-2013, S. 44], [Sta-2006, S. 65ff.]).

### 4.2.3 Menschliche Prozessschnittstellen

Unter einer menschlichen Prozessschnittstelle ist der Übergang einer Verantwortung für ein Gut oder eine Information von einer Person auf die nächste entlang des Material- und Informationsflusses zu verstehen.

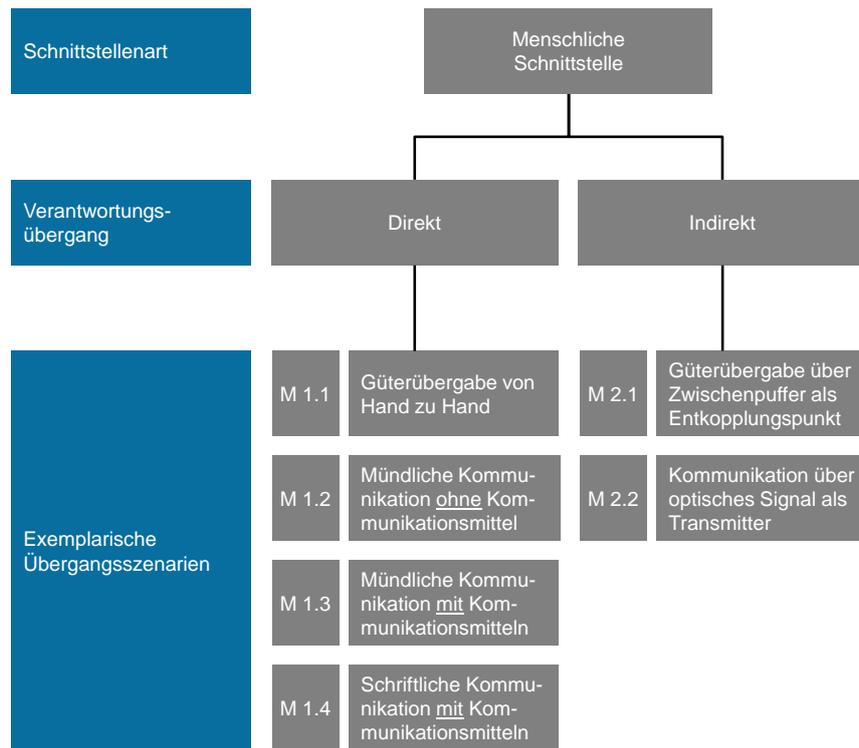
Der Begriff der Verantwortung bedeutet hierbei im Allgemeinen, sich oder sein Handeln mit guten Gründen vor Anderen rechtfertigen zu müssen. In den Fokus rücken in diesem Zusammenhang zwei wesentliche Aspekte. Auf der einen Seite steht zunächst die Frage der Zuständigkeit, womit zu klären ist, wer wofür Verantwortung trägt. Auf der anderen Seite gilt es zu diskutieren, welche konkreten Handlungen einer verantwortlichen Person zuzurechnen sind [Bud-2011, S. 3f.].

Zum Zwecke einer allgemeinen Beschreibung von Verantwortungsübergängen an menschlichen Schnittstellen eignet sich ein Zustandsmodell, dessen Grundaufbau bereits bei physischen und informationellen Schnittstellen Anwendung fand. Im Ausgangszustand obliegt dabei – wie Abbildung 4-13 zu entnehmen ist – die Verantwortung für ein Gut bzw. eine Information ausschließlich der ersten Person. Im Laufe der Transferphase geht die Verantwortung danach schrittweise auf die zweite Person über. Mit dem Erreichen des Endzustandes liegt eine vollumfängliche Verantwortungsübernahme durch die nachfolgende Person vor. Die Ausprägung des Endzustandes hängt vom Typus der transferierten Verantwortung ab. Wird ein Gut weitergereicht, dann ist die Verantwortungsübernahme abgeschlossen, sobald die Gewichtskraft des Gutes vollständig auf die zweite Person wirkt. Bei der Weitergabe einer Information im Rahmen einer zwischenmenschlichen Kommunikation ist der Endzustand hingegen dadurch gekennzeichnet, dass die Information vollständig an die zweite Person übermittelt wurde. In der Praxis findet nicht selten ein kombinierter Verantwortungsübergang statt, welcher sowohl ein Gut als auch eine Information beinhaltet.



**Abbildung 4-13: Zustandsmodell für menschliche Schnittstellen**

Eine Möglichkeit, menschliche Schnittstellen inhaltlich zu strukturieren, bietet die Unterscheidung in einen direkten bzw. indirekten Verantwortungsübergang. Bei Ersterem besteht ein unmittelbarer Kontakt zwischen den beteiligten Personen während der Transferphase. Im Gegensatz dazu wird bei einer indirekten menschlichen Schnittstelle die Verantwortung für ein Gut über einen Entkopplungspunkt bzw. im Falle einer Information mit Hilfe eines Transmitters übergeben. In Abbildung 4-14 werden beispielhafte Szenarien für beide Ausprägungsformen aufgezeigt. Jene werden später in Kapitel 4.3 als Referenzprozesse verwendet.

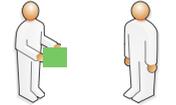
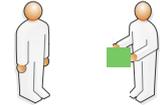
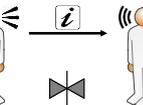
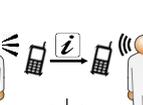


**Abbildung 4-14: Strukturierung von menschlichen Schnittstellen**

Eine direkte menschliche Schnittstelle tritt typischerweise bei der Übergabe eines Gutes von Hand zu Hand auf (M 1.1). Eine derartige Situation entsteht zum Beispiel, wenn ein Werkstück im Anschluss an dessen Bearbeitung von einem Werker an einen Logistiker weitergereicht wird. Durch den stattfindenden Lastübergang entsteht eine Schnittstelle zwischen beiden Personen. Dabei werden die Hände des Logistikers infolge der Gewichtskraft des Werkstücks belastet, während sich auf Seiten des Werkers eine entsprechende Entlastung einstellt. Eine direkte menschliche Schnittstelle resultiert ebenso, sobald zwei Personen mündlich miteinander kommunizieren (M 1.2). Das kann etwa über ein Vor-Ort-Gespräch geschehen, indem ein Werker einem zuständigen Logistikmitarbeiter einen Abholauftrag für ein fertiggestelltes Produkt erteilt. Als Schnittstelle gilt die gesamte Phase des Informationstransfers beginnend beim Werker, welcher Sprechschallschwingungen durch die Artikulation erzeugt. Diese Schwingungen werden daraufhin als Schallwellen über die Luft in Richtung Logistiker übertragen, wo sie schließlich durch dessen Hörorgan aufgenommen werden [Pet-2002, S. 35]. Eine mündliche Kommunikation kann ebenfalls über den Einsatz von Kommunikationsmitteln erfolgen (M 1.3). Anstelle eines persönlichen Gespräches vor Ort ist es gleichermaßen denkbar, den Abholauftrag per Telefon an den Logistiker zu übermitteln. Die Schnittstelle gestaltet sich hierbei jedoch aus technischer Sicht etwas komplexer. Während des Tele-

## 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

fonats werden die beim Sprechen generierten akustischen Schallwellen zunächst mit Hilfe eines Mikrofons in elektrische Impulse umgewandelt. Jene werden anschließend an das Telefongerät am anderen Ende der Leitung übertragen, ehe sie dort empfangen und mittels eines Lautsprechers wiederum in akustische Signale umgesetzt werden [Har-2009, S. 36]. Eine dritte Möglichkeit, den Abholauftrag mitzuteilen, besteht in einer schriftlichen Form mit geeigneten Kommunikationsmitteln (M 1.4). Exemplarisch sei an dieser Stelle der elektronische Nachrichtenversand per E-Mail angeführt. Die menschliche Schnittstelle zwischen dem Werker und dem Logistiker umfasst hierbei den gesamten Zustellungsweg der E-Mail durch das Internet, wobei ein oder mehrere Mailserver durchlaufen werden. In Abbildung 4-15 werden die Referenzszenarien für direkte menschliche Schnittstellen zusammengefasst.

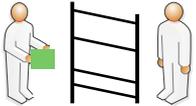
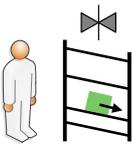
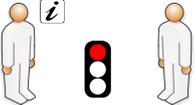
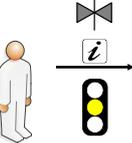
Ref.-Nr.	Ausgangszustand	Transferphase	Endzustand	Beschreibung
M 1.1				Übergang eines Werkstücks ( <b>G</b> ) von Werker ( <b>P1</b> ) auf Logistiker ( <b>P2</b> ) ►► Belasten des Logistikers bzw. Entlasten des Werkers
M 1.2				Übergang eines Abholauftrages ( <b>I</b> ) von Werker ( <b>P1</b> ) auf Logistiker ( <b>P2</b> ) im Rahmen eines Vor-Ort-Gesprächs ►► Informationstransfer an Logistiker über Schallwellen in der Luft
M 1.3				Übergang eines Abholauftrages ( <b>I</b> ) von Werker ( <b>P1</b> ) auf Logistiker ( <b>P2</b> ) im Rahmen eines Telefongesprächs ►► Informationstransfer an Logistiker über Schallwellen und elektrische Impulse
M 1.4				Übergang eines Abholauftrages ( <b>I</b> ) von Werker ( <b>P1</b> ) auf Logistiker ( <b>P2</b> ) per E-Mail ►► Informationstransfer an Logistiker über Internet

**G** = Gut    **I** = Information    **P** = Person    ►► = Menschliche Schnittstelle

**Abbildung 4-15: Referenzszenarien für direkte menschliche Schnittstellen**

Für einen Verantwortungswechsel entlang einer Logistikkette muss allerdings nicht zwingend ein direkter Kontakt zwischen den beteiligten Personen bestehen. In der Praxis findet die Übergabe einer Verantwortung für ein Gut häufig in einem Zwischenpuffer statt, welcher zwei unterschiedliche Verantwortungsbereiche voneinander entkoppelt (M 2.1). So erfolgt die Bereitstellung von Behältern innerhalb eines automobilen Montageprozesses vielfach über Durchlaufregale. Dabei entsteht eine menschliche Schnittstelle zwischen dem Logistiker als Teilelieferanten

und dem Werker als Teileempfänger. Diese beinhaltet die räumliche sowie zeitliche Transferphase zwischen der Abgabe des Behälters und dessen Wiederaufnahme. Ein weiteres Szenario behandelt eine indirekte Kommunikation unter zwei Personen über ein optisches Signal als Transmitter (M 2.2). Zum Beispiel kann ein Abholauftrag neben den bisher aufgezeigten Optionen ebenso über eine Signalampel ausgelöst werden, welche als verbindendes Element zwischen dem Werker und dem Logistiker fungiert. Während eine rote Ampelfarbe suggeriert, dass sich ein Produkt noch in Bearbeitung befindet, weist eine grüne Anzeige auf dessen Freigabe für einen Abtransport hin. Der Wechsel von der roten auf die grüne Signalfarbe beschreibt in diesem Fall eine menschliche Schnittstelle, da hierbei die Verantwortung für eine Information an eine nachfolgende Person übergeht. Die beiden beschriebenen Referenzszenarien für indirekte menschliche Schnittstellen werden in Abbildung 4-16 nochmals in einer Übersicht dargestellt.

Ref.-Nr.	Ausgangszustand	Transferphase	Endzustand	Beschreibung
M 2.1				<p>Übergang eines Behälters (<b>G</b>) von Logistiker (<b>P1</b>) auf Werker (<b>P2</b>) über Durchlaufregal</p> <p>➤ Räumlicher und zeitlicher Transfer des Behälters zwischen Abgabe und Wiederaufnahme</p>
M 2.2				<p>Übergang eines Abholauftrages (<b>I</b>) von Werker (<b>P1</b>) auf Logistiker (<b>P2</b>) über Signalampel</p> <p>➤ Informationstransfer an Logistiker beim Wechsel der Ampelfarbe von rot auf grün</p>

G = Gut   
 I = Information   
 P = Person   
 ➤ = Menschliche Schnittstelle

**Abbildung 4-16: Referenzszenarien für indirekte menschliche Schnittstellen**

Unabhängig davon, in welcher Art und Weise ein Verantwortungsübergang geregelt ist, nimmt die Kooperation zwischen den in der Prozesskette beteiligten Personen eine wichtige Rolle ein. Am Beispiel einer verteilten Produktentwicklung erwähnt Stöckert vier unterschiedliche Kooperationsbeziehungen. Die erste Form bezieht sich auf die gemeinsame Abwicklung einer Aufgabe unter Mitarbeitern der gleichen Abteilung und in gleicher Funktion. Hierbei können sich psychologische Faktoren negativ auf die Zusammenarbeit auswirken. Ebenso können Personen miteinander interagieren, die zwar der gleichen Abteilung angehören, jedoch in unterschiedlicher Funktion tätig sind. In diesem Fall können arbeitsinhaltliche Barrieren die Kooperation beeinträchtigen. Bei abteilungsübergreifenden Austauschbeziehungen innerhalb eines Unternehmens gelten Bereichsegoismen sowie unterschiedliche

Sozialisierungen der Beteiligten – etwa aufgrund verschiedener Berufsausbildungen – als potentielle Risiken. Zudem erweisen sich stark differierende Denkmuster und Ansichten zwischen manchen Fachabteilungen als kritisch. Die Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinweg stellt die Partner vor weitere Herausforderungen, die in Geheimhaltungszwängen, verschiedenartigen Unternehmenskulturen oder einem Konkurrenzdenken liegen können. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Komplexität der Kooperation und des Informationsaustausches mit der Anzahl an zu überschreitenden Systemgrenzen steigt. Nichtsdestotrotz gelten gute Kooperationsbeziehungen als wesentlicher Erfolgsfaktor eines Unternehmens ([Sta-2009, S. 466f.], [Stö-2011, S. 14ff.]).

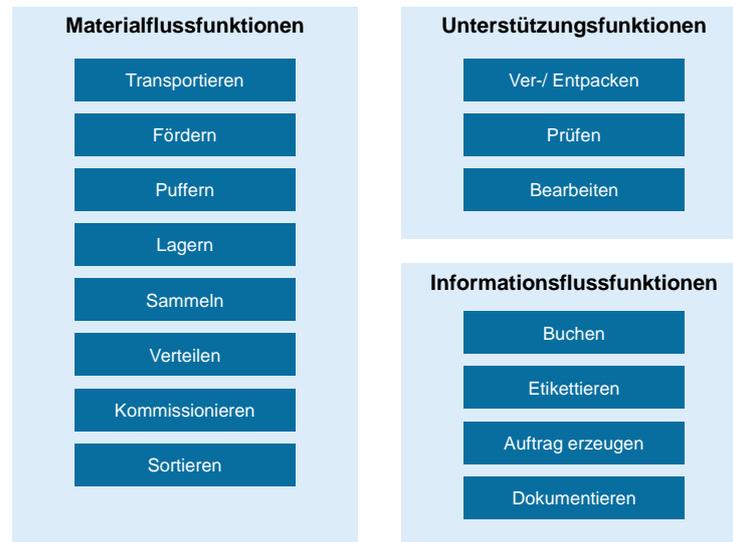
Die große Bedeutung menschlicher Schnittstellen zeigt sich auch bei Hasler Roumouis aus der Sicht des Wissensmanagements. Sie macht die Effizienz eines Prozessablaufes von der Organisation des Informationsaustausches und der Kommunikation abhängig. Die Menschen unterliegen dabei unterschiedlichen Einflüssen, die sich auf deren Verhalten und Kooperationsbereitschaft auswirken [Has-2013, S. 195].

### **4.3 Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen**

Die Prozessvielfalt sowie die starke Vernetzung der Wertschöpfungspartner in der Automobilindustrie führen zu einer großen Anzahl an Prozessschnittstellen. Diese können zwischen den unterschiedlichsten Logistikfunktionen als Verbindungselemente entstehen. Je mehr von ihnen entlang einer Prozesskette auftreten, desto größer ist die Gefahr von Flussunterbrechungen aufgrund von unzureichenden Verknüpfungen der einzelnen Teilabschnitte einer Kette. Im Anschluss gilt es einen Überblick zu schaffen, welcher die Omnipräsenz von Schnittstellen in der Automobillogistik verdeutlichen soll.

Um dabei eine strukturierte Herangehensweise sicherzustellen, werden sämtliche Kombinationen aus den verschiedenen Logistikprozessen gebildet und jeweils hinsichtlich der Existenz potentieller Schnittstellen untersucht. Es werden hierzu die standardisierten Logistikfunktionen aus dem Forschungsprojekt LEAN:log (siehe Kapitel 2.2.2) zugrunde gelegt mit Ausnahme der Funktion „Information übermitteln“. Jene ist vielmehr einer informationellen Schnittstelle gleichzusetzen. Ergänzt wird das Funktionsspektrum aus LEAN:log dagegen um das „Bearbeiten“, womit unter anderem die Produktion als Kunde der Logistik innerhalb einer Wertschöpfungskette abgebildet werden kann. Außerdem gehen gerade kleinere Vormontage-

tätigkeiten immer häufiger in das Aufgabengebiet der Logistik über und müssen demzufolge über eine entsprechende Funktion berücksichtigt werden. In Abbildung 4-17 sind alle Materialfluss-, Informationsfluss- und Unterstützungsfunktionen, welche im Rahmen der Forschungsarbeit Verwendung finden, nochmals aufgelistet.



**Abbildung 4-17: Verwendete Logistikfunktionen im Rahmen der Dissertation**

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden nun zunächst – jeweils ausgehend von einer Funktion – mögliche Kombinationspaare identifiziert und exemplarisch beschrieben. In einem zweiten Schritt wird überprüft, ob den gebildeten Paaren typische Schnittstellen aus der logistischen Praxis zugeordnet werden können. Dabei wird sich an die in Kapitel 4.2 definierten Referenzszenarien angelehnt. In Tabelle 4-1 sowie Tabelle 4-2 werden die Ergebnisse vorab in konsolidierter Form vorgestellt, bevor auf jene im weiteren Verlauf näher eingegangen wird. Die beiden erstellten Matrizen sollen in erster Linie hinsichtlich der Vielfalt und Verschiedenartigkeit von Schnittstellen in automobilen Logistikketten sensibilisieren. Dabei sei angemerkt, dass die Sammlung keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Um den inhaltlichen Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen, wird in der Regel nur eine Schnittstellenart pro Funktionspaar beispielhaft aufgeführt. Dennoch soll anhand einiger Ausnahmen demonstriert werden, dass nicht selten mehrere Schnittstellen gleicher oder unterschiedlicher Art zwischen zwei Prozessen auftreten können.

# 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

		Vorgelagerte Logistikfunktionen								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
		Transportieren	Fördern	Puffern	Lagern	Sammeln	Verteilen	Kommissionieren	Sortieren	
Nachgelagerte Logistikfunktionen	1	Transportieren	✕	✕	✕		✕	✕		✕
	2	Fördern	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
	3	Puffern	✕	✕			✕	✕	✕	✕
	4	Lagern		✕			✕	✕		✕
	5	Sammeln		✕	✕				✕	
	6	Verteilen	✕	✕	✕	✕	X	✕	✕	✕
	7	Kommissionieren		✕	✕	✕				
	8	Sortieren	✕	✕	✕	✕	✕		✕	✕
	9	Ver-/ Entpacken		✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
	10	Prüfen		✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
	11	Bearbeiten		✕	✕		✕	✕	✕	✕
	12	Buchen		✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
	13	Etikettieren		✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
	14	Auftrag erzeugen		✕	✕		✕	✕	✕	✕
	15	Dokumentieren		✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕

Leserichtung bei der Bildung von Funktionspaaren ↓

= Kein gängiges Funktionspaar   ✕ = Physische Schnittstelle   ✕ = Informationelle Schnittstelle   ✕ = Menschliche Schnittstelle   X = Keine Schnittstelle

**Tabelle 4-1: Beispielhafte Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen (1/2)**

		Vorgelagerte Logistikfunktionen							
		9	10	11	12	13	14	15	
		Ver-/ Entpacken	Prüfen	Bearbeiten	Buchen	Etikettieren	Auftrag erzeugen	Dokumentieren	
Nachgelagerte Logistikfunktionen	1	Transportieren		X					✕
	2	Fördern	✕	✕	✕	✕	✕	X	✕
	3	Puffern	X	✕	X	X	✕	X	✕
	4	Lagern	X	X		X	X		✕
	5	Sammeln	✕	✕	✕	✕	✕	X	✕
	6	Verteilen	✕	✕	✕	✕	✕	X	✕
	7	Kommissionieren	✕	✕		✕	✕	✕	✕
	8	Sortieren	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕
	9	Ver-/ Entpacken		✕	✕	✕	✕	✕	✕
	10	Prüfen	✕		✕	✕	✕	✕	✕
	11	Bearbeiten	✕	✕		✕	X	✕	✕
	12	Buchen	✕	✕	✕		✕	✕	✕
	13	Etikettieren	✕	✕	✕	✕		✕	✕
	14	Auftrag erzeugen	✕	✕	✕	✕	✕		✕
	15	Dokumentieren	✕	✕	✕	✕	✕	✕	✕

Leserichtung bei der Bildung von Funktionspaaren ↓

= Kein gängiges Funktionspaar   ✕ = Physische Schnittstelle   ✕ = Informationelle Schnittstelle   ✕ = Menschliche Schnittstelle   X = Keine Schnittstelle

**Tabelle 4-2: Beispielhafte Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen (2/2)**

### 4.3.1 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Transportieren

Nach einem Transport lassen sich in der Praxis fünf Logistikfunktionen beobachten, die daran anschließen können. In einer ersten Variante folgt auf einen Transportvorgang unmittelbar der nächste wie etwa bei einem Roll-on/ Roll-off-Verkehr, wo rollfähige Transporteinheiten entweder selbstfahrend oder mittels Zugmaschine von der Straße auf Schiffe umgeschlagen werden [Arn-2008, S. 746].

Eine zweite, häufig verbreitete Funktionsfolge ergibt sich durch die Aneinanderreihung der Prozesse Transportieren und Fördern. Hierbei wird die außer- mit der innerbetrieblichen Logistik verknüpft, indem Güter zum Beispiel von einem Lkw entladen werden. Dieser Prozess kann sowohl über ein Fördern als auch ein Verteilen oder Sortieren realisiert werden. Während Ersterem grundsätzlich Direktverkehre mit einer Quelle (Lkw) und einer Senke (Abladestelle) zugrunde liegen, werden bei Verteil- und Sortiervorgängen entsprechend ihrer Definition in Kapitel 2.2.2 jeweils mehrere Senken bedient. Demzufolge sind auch die Kombinationen Transportieren-Verteilen sowie Transportieren-Sortieren möglich. Bei der Entladung von typgleichen Gütern würde der erste Fall vorliegen, wohingegen bei unterschiedlichen Gütern unter Umständen bestimmte Sortenmerkmale bei der Entnahme aus dem Lkw zu beachten sind.

Als weiteres Paarungselement für das Transportieren kommt das Puffern in Frage. Ein Beispiel hierfür beschreibt das sogenannte Warehouse-on-Wheels-Konzept, welches in Kapitel 4.2.1 bereits erläutert wurde.

In Tabelle 4-3 werden die vorgestellten Funktionspaare mit gängigen Schnittstellen aus der Praxis verknüpft.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle		Ref.-Nr.
Transportieren – Transportieren	Schiffsbeladung im Roll-on/ Roll-off-Verkehr		Übergang eines Lkw von Hafen auf Schiff	P 2.2
Transportieren – Fördern	Lkw-Entladung mit einer Abladestelle		Übergang einer Palette von Lkw auf Stapler	P 2.1
Transportieren – Puffern	Bereitstellung eines Lkw-Trailers beim Warehouse-on-Wheels-Konzept		Übergang eines Vollgut-Trailers von Lkw auf Pufferplatz	P 2.2
Transportieren – Verteilen	Lkw-Entladung mit mehreren Abladestellen (typgleiche Güter)		Übergang einer Palette von Lkw auf Stapler	P 2.1
Transportieren – Sortieren	Lkw-Entladung mit mehreren Abladestellen (unterschiedliche Güter)		Übergang einer Palette von Lkw auf Stapler	P 2.1
	Identifikation eines Gutes bei Lkw-Entladung		Informationsübergang von VDA-Label auf Staplerfahrer (z. B. Zielort)	I 1.1

= Physische Schnittstelle      = Informationelle Schnittstelle

**Tabelle 4-3: Typische logistische Schnittstellen nach dem Transportieren**

### 4.3.2 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Fördern

Die kombinatorischen Möglichkeiten im Anschluss an einen Fördervorgang sind vielfältig. Ein erstes Funktionspaar ergibt sich, wenn nach dem Fördern ein Transportieren folgt, was beispielsweise bei der Beladung eines Lkw der Fall ist.

Eine häufige Konstellation in der Praxis bilden auch die beiden Funktionen Fördern und Dokumentieren. Vielfach wird vor dem Abtransport der Güter noch ein Frachtbrief sowohl durch den Warenabsender als auch den Frachtführer unterschrieben.

Weiterhin lassen sich innerbetrieblich des Öfteren zwei unmittelbar aufeinander folgende Fördervorgänge beobachten. Exemplarisch hierfür sei der mechanisierte Gütertransfer bei der Verkettung eines Staplers mit einer Rollenbahn angeführt.

Ein manueller Übergabeprozess erfolgt hingegen, wenn ein Mensch zum Beispiel im Rahmen einer Materialbereitstellung einen Behälter in ein Durchlaufregal schiebt. Die Bewegung des Gutes zum Regal wird dabei als Fördern interpretiert, dem sich ein kurzzeitiger Puffervorgang anschließt.

Verbleibt ein Gut jedoch für einen längeren Zeitraum an der Übergabestelle, so tritt die Paarung aus Fördern und Lagern in Erscheinung. Als klassisches Beispiel hierfür wäre das automatisierte Einlagern einer Palette in einem Hochregallager mit Hilfe eines Regalbediengerätes zu nennen.

Als weiteres, im Automobilsektor mittlerweile etabliertes Fördermittel gilt der Routenzug, welcher sowohl in der Produktionsversorgung als auch -entsorgung Anwendung findet. Über die Kombination der Funktionen Fördern und Sammeln kann etwa die Beladung eines Routenzuges mit Anhängern beschrieben werden, wobei nacheinander mehrere Produktionsorte angefahren werden.

Eine Paarung aus Fördern und Verteilen liegt stattdessen vor, wenn ein Routenzug nach dessen Beladung mit typgleichen Gütern mehrere Produktionsorte beliefert.

Bei der Bereitstellung von Gütern unterschiedlichen Typs wird in der Regel ein Sortieren im Anschluss an einen Förderprozess erforderlich. Einen Anwendungsfall hierfür beschreibt die automatisierte Aufteilung von Behältern auf mehrere typspezifische Rollenbahnen.

Ebenso kann auf das Fördern ein Kommissioniervorgang folgen, wenn beispielsweise innerhalb einer Ware-zur-Person-Kommissionierung ein spezifischer Behälter

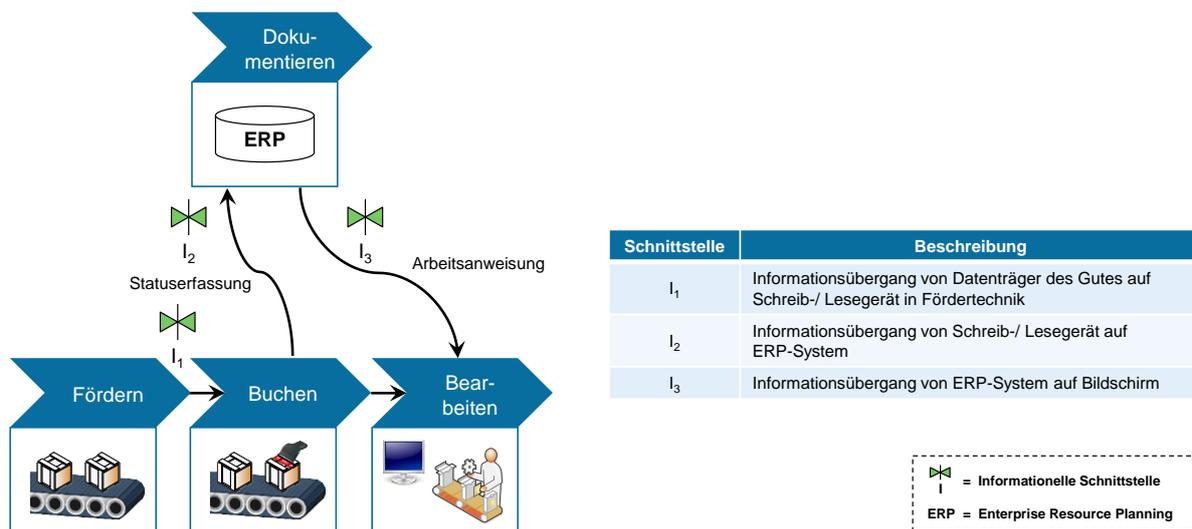
nach seiner automatisierten Auslagerung manuell von einer Rollenbahn entnommen wird.

Nicht zuletzt können das Fördern im Sinne einer manuellen Bereitstellung sowie das Verpacken miteinander verbunden sein. Dies ist etwa beim Ablegen eines Werkstücks auf einem Verpackungstisch der Fall.

Aus informationslogistischen Aspekten ist die Funktionsfolge aus Fördern und Etikettieren von großer Bedeutung. Bei dieser Paarung wird zum Beispiel der RFID-Transponder einer Palette, welche sich auf einer Rollenbahn fortbewegt, mit Daten über deren Versandziel beschrieben.

Ein Informationsfluss in umgekehrter Richtung kann darüber hinaus bei einer Typabfrage am Ende eines Fördervorganges entstehen, bevor ein Gut geprüft oder bearbeitet wird. Die zugrunde liegenden Funktionspaare setzen sich demnach zusammen aus Fördern und Prüfen respektive Bearbeiten.

Gleiches gilt für die Vergabe eines Prozessstatus beim Passieren eines definierten Meldepunktes. Bei der Koppelung von Fördern und Buchen wird beispielsweise die Identifikationsnummer eines Gutes von dessen Datenträger auf ein Schreib-/ Lesegerät übertragen. Dieser Sachverhalt soll in Abbildung 4-18 verdeutlicht werden.



**Abbildung 4-18: Elektronische Informationsübergänge am Beispiel**

Das Ermitteln von spezifischen Güterdaten bei Erreichen eines Meldepunktes kann nicht zuletzt dazu dienen, einen Auftrag für einen nachfolgenden Prozess anzustoßen. So kann etwa die Funktionsfolge aus Fördern und Auftrag erzeugen das Aus-

## 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

lösen eines Kommissionierauftrages auf Basis des erfassten Gütertyps beschreiben.

Den dargelegten Funktionspaaren werden in Tabelle 4-4 jeweils typische Schnittstellen aus dem Logistikalltag zugeordnet.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Fördern – Transportieren	Lkw-Beladung mit einer Beladestelle	 Übergang einer Palette von Lkw auf Stapler	P 2.1
Fördern – Fördern	Unmittelbare Verkettung der innerbetrieblichen Fördermittel Stapler und Rollenbahn	 Übergang einer Palette von Stapler auf Rollenbahn	P 2.3
Fördern – Puffern	Manuelle Teilebereitstellung am Bedarfsort	 Übergang eines Behälters von Logistiker auf Durchlaufregal	P 1.2
Fördern – Lagern	Automatisierte Wareneinlagerung	 Übergang einer Palette von Regalbediengerät auf Hochregallager	P 3.2
Fördern – Sammeln	Routenzug-Beladung (inkl. Bereitstellung von Gütern) bei Entsorgung mehrerer Produktionsorte	 Übergang eines Anhängers von Routenzugfahrer auf Zugmaschine	P 1.1
Fördern – Verteilen	Routenzug-Beladung (inkl. Bereitstellung von typgleichen Gütern) zur Versorgung mehrerer Produktionsorte	 Übergang eines Anhängers von Routenzugfahrer auf Zugmaschine	P 1.1
Fördern – Kommissionieren	Ware-zur-Person-Kommissionierung	 Übergang eines Behälters von Rollenbahn auf Kommissionierer	P 1.1
Fördern – Sortieren	Automatisierte Aufteilung von unterschiedlichen Gütern auf typspezifische Rollenbahnen	 Übergang eines Behälters von typgemischter Rollenbahn auf typspezifische Rollenbahn	P 3.1
Fördern – Ver-/ Entpacken	Manuelles Verpacken eines auf einem Verpackungstisch bereitgestellten Gutes in Kartontage	 Übergang eines Werkstücks von Werker auf Verpackungstisch	P 1.2
Fördern – Prüfen	Bereitstellung eines Gutes an fördertechnisch angebundenem Prüfplatz	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Prüfplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Fördern – Bearbeiten	Fließbandfertigung	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Fertigungsplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Fördern – Buchen	Vergabe eines bestimmten Prozessstatus bei Passieren eines Meldepunktes durch Gut	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Identifikationsnummer)	I 3.1
Fördern – Etikettieren	Automatische Beschreibung eines an einem Gut angebrachten RFID-Transponders auf Rollenbahn	 Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Versandziel)	I 3.1
Fördern – Auftrag erzeugen	Auslösung eines Kommissionierauftrages bei Passieren eines Meldepunktes durch Gut	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Fördern – Dokumentieren	Lkw-Beladung mit einer Beladestelle und anschließender Unterzeichnung des Frachtbriefes durch Warenabsender und Frachtführer	 Übergang einer Palette von Lkw auf Stapler	P 2.1

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle

**Tabelle 4-4: Typische logistische Schnittstellen nach dem Fördern**

### 4.3.3 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Puffern

Ein Materialpuffer ist ein zahlreich und in unterschiedlichsten Zusammenstellungen vorkommendes Element in Logistikketten. Eine im Rahmen des Warehouse-on-Wheels-Konzeptes gängige Konstellation beschreibt den Abtransport eines Leergut-Trailers im Anschluss an dessen Wartezeit in einem Puffer.

Die Aneinanderreihung der Funktionen Puffern und Fördern stellt die wohl häufigste Paarung in der Intralogistik dar. Stellvertretend hierfür gilt die Abholung eines bereitgestellten Gutes zu dessen Einlagerung.

Bei mehreren Quellen oder Senken im Materialfluss entsteht die Kombination aus Puffern und Sammeln bzw. Verteilen. Im ersten Fall müssen Güter aufgenommen werden, welche sich an mehreren Bereitstellorten befinden. Dagegen werden bei einem Verteilvorgang typgleiche Güter aus einem Puffer beispielsweise an verschiedene Produktionsorte geliefert.

Bei der Streuung von unterschiedlichen Gütern folgt indes auf das Puffern typischerweise ein Sortieren. Diese Aufgabe wird im Rahmen einer Produktionsversorgung inzwischen häufig von einem Routenzug übernommen.

Einen klassischen Logistikablauf innerhalb einer variantenreichen Automobilfertigung verkörpert auch das Funktionspaar aus Puffern und Kommissionieren. Hierbei werden beispielsweise Warenkörbe manuell in einem Supermarkt gebildet. Bei jenen handelt es sich um eine fahrzeugspezifische Zusammenstellung unterschiedlicher Montageumfänge [Klu-2010, S. 173f.]. Dabei wird zunächst jeweils die über einen Kommissionierauftrag vorgegebene Platznummer am Supermarktregal identifiziert, bevor das relevante Gut entnommen wird.

Vor der Entnahme eines Gutes aus einem Supermarkt kann auch zunächst ein Nachschubauftrag ausgelöst werden, was sich über die Funktionen Puffern und Auftrag erzeugen darstellen lässt. Jene Paarung kann etwa bei einer Bestandssteuerung nach dem Zwei-Behälter-Prinzip auftreten. Sobald ein Behälter leer geworden ist, gilt es diesen gegen einen vollen Behälter auszutauschen.

Auf die Zwischenpufferung von Gütern kann darüber hinaus ebenso ein manuelles Verpacken etwa in einem Warenausgangspuffer folgen. Je nach Gütertyp kann die Art der Verpackung variieren mit dem Ziel, einen jeweils ausreichenden Transportschutz sicherzustellen. Eine zerbrechliche Ware kann demzufolge die Verwendung von Polstermaterial bedingen.

Die Verbindung der Funktionen Puffern und Dokumentieren kann dagegen in Erscheinung treten, wenn alle auf einer Pufferfläche vorbereiteten Güter in eine Versandliste eingetragen werden. Auf Basis dieser Informationen lässt sich anschließend der Lieferschein erstellen.

Auch im Wareneingangspuffer sind mehrere Konstellationen von Funktionspaaren denkbar. Ein häufiges Szenario stellt die Wareneingangsprüfung dar, welche über die Aneinanderreihung der beiden Funktionen Puffern und Prüfen abgebildet wird. Dabei werden beispielsweise manuell die Teilenummern und zugehörigen Mengen

auf den VDA-Labels der eingetroffenen Güter erfasst und mit den Angaben auf dem Lieferschein verglichen.

Bevor die Güter den Wareneingangspuffer in Richtung Lager verlassen, werden sie in aller Regel zum Zwecke einer transparenten Bestandsführung in einem ERP-System verbucht. Der erforderliche Informationstransfer zwischen dem Puffern und Buchen erfolgt dabei zumeist mechanisiert.

Ferner kann ein Gut vor der Einlagerung mit einer Information über dessen zukünftigen Lagerort versehen werden. Dies kann zum Beispiel über einen elektromagnetischen Etikettiervorgang erfolgen, indem der RFID-Transponder eines im Wareneingangspuffer befindlichen Gutes mit den entsprechenden Daten beschrieben wird.

Nicht zuletzt lassen sich in der Praxis Puffer- und Bearbeitungsvorgänge miteinander verknüpfen. Das ist etwa bei der Nacharbeit eines Gutes auf einem Pufferplatz der Fall. Für den verantwortlichen Mitarbeiter kann es unter Umständen von Bedeutung sein, welcher Gütertyp aktuell zur Nacharbeit ansteht. Daher ist es durchaus üblich, diesen über einen Bildschirm am Arbeitsplatz zu visualisieren.

Zu den beschriebenen Funktionspaaren werden in Tabelle 4-5 noch exemplarische Schnittstellen ergänzt.

## 4.3 Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Puffern – Transportieren	Abholung eines Lkw-Trailers beim Warehouse-on-Wheels-Konzept	 Übergang eines Leergut-Trailers von Pufferplatz auf Lkw	P 2.2
Puffern – Fördern	Abholung eines Gutes zu dessen Einlagerung	 Übergang einer Palette von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Puffern – Sammeln	Bündelung von Gütern, die auf mehrere Bereitstellorte verteilt sind	 Übergang einer Palette von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Puffern – Verteilen	Aufteilung von bereitgestellten, typgleichen Gütern auf mehrere Produktionsorte	 Übergang einer Palette von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Puffern – Kommissionieren	Manuelle Warenkorbbildung im Supermarkt	 Übergang eines Bauteils von Pufferplatz im Supermarkt auf Kommissionierer	P 1.2
	Identifikation eines Gutes bei Warenkorbbildung	 Informationsübergang von Beschriftung an Supermarktregal auf Kommissionierer (z. B. Platznummer)	I 1.1
Puffern – Sortieren	Routenzug-Beladung mit bereitgestellten, unterschiedlichen Gütern zur Versorgung mehrerer Produktionsorte	 Übergang eines Anhängerverbundes von Routenzugfahrer auf Zugmaschine	P 1.1
Puffern – Ver-/ Entpacken	Manuelle Verpackung von Gütern im Warenausgangspuffer mit verschiedenen Materialien	 Informationsübergang von VDA-Label auf WA-Mitarbeiter (z. B. Verpackungshinweis)	I 1.1
Puffern – Prüfen	Wareneingangsprüfung	 Informationsübergang von VDA-Label auf WE-Mitarbeiter (z. B. Teilenummer und Menge)	I 1.1
Puffern – Bearbeiten	Nacharbeit eines Gutes auf einem Pufferplatz	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Arbeitsplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Puffern – Buchen	Wareneingangsbuchung	 Informationsübergang von Barcode auf Handscanner (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.1
Puffern – Etikettieren	Beschreibung eines an einem Gut angebrachten RFID-Transponders vor der Einlagerung	 Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Lagerort)	I 3.1
Puffern – Auftrag erzeugen	Auslösung eines Nachschubauftrages vor Entnahme eines Behälters aus Supermarkt (bei Zwei-Behälter-Prinzip)	 Informationsübergang von Barcode an Supermarktregal auf Handscanner (z. B. Teilenummer)	I 2.1
Puffern – Dokumentieren	Manuelle Erfassung aller auf einer Versandfläche bereitgestellten Güter in Versandliste zur Erstellung des Lieferscheins	 Informationsübergang von VDA-Label auf WA-Mitarbeiter (z. B. Teilenummer und Menge)	I 1.1

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle

Tabelle 4-5: Typische logistische Schnittstellen nach dem Puffern

### 4.3.4 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Lagern

Lagerprozesse gelten aus der Sicht einer schlanken Logistik als nicht wertsteigernd, da hierbei der Materialfluss für längere Zeit zum Erliegen kommt. Dennoch sind sie – gemeinsam mit ihren Schnittstellen zu nachfolgenden Prozessen – in der Praxis oftmals nicht gänzlich zu eliminieren. Insbesondere die Aneinanderreihung der Funktionen Lagern und Fördern lässt sich in Logistikketten häufig beobachten. Beispielhaft hierfür ist die Auslagerung und Bereitstellung von sortenreinen Gütern an einem Produktionsort.

Werden die ausgelagerten Güter nicht ausschließlich an einem Zielort, sondern an mehreren benötigt, so erfolgt ein Verteilen anstelle eines Fördervorganges im Anschluss an die Lagerung. Handelt es sich zusätzlich noch um unterschiedliche Güter, die an spezifischen Produktionsorten bereitzustellen sind, so folgt auf das Lagern ein Sortieren.

Häufig in Erscheinung tritt auch die mechanisierte Entnahme von Behältern aus einem Lagersortiment mit unterschiedlichen Gütern. Wenn dieser Prozess unmittelbar auf das Lagern folgt, liegt eine Person-zur-Ware-Kommissionierung vor.

Vor der Auslagerung eines Gutes kann es passieren, dass jenes zunächst entpackt werden muss. Das Entfernen einer Schrumpffolie bei einer Palette im Lager sei als Beispiel hierfür genannt.

Im Vorfeld eines Entnahmeprozesses wird manchmal das betroffene Gut mit einer Information etwa über seinen späteren Zielort ausgestattet. Dann folgt auf das Lagern ein Etikettieren. Im Zusammenhang mit papierlosen Fabriken nehmen RFID-Transponder dabei eine immer wichtigere Rolle als Informationsträger ein.

Weiterhin kann eine Warenbuchung vor dem Auslagern stattfinden. Hierzu werden sowohl die Teilenummer des Gutes als auch die entnommene Menge im ERP-System als Lagerabgang verzeichnet.

Im Rahmen einer Inventur, die durch die Paarung von Lagern und Prüfen in einer Wertschöpfungskette abgebildet wird, verbleiben die Güter anschließend im Lager. Es werden lediglich die dort tatsächlich vorhandenen Bestände mengenmäßig erfasst.

Ähnlich dazu werden auch bei der Kombination aus Lagern und Dokumentieren keine Güter bewegt. Stattdessen werden beispielsweise Güter, welche während einer Lagerbesichtigung als Altbestände identifiziert worden sind, in eine Verschrotungsliste eingetragen.

In Tabelle 4-6 werden die vorgestellten Funktionspaare mit gängigen Schnittstellen aus der Praxis verknüpft.

## 4.3 Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Lagern – Fördern	Bereitstellung von Gütern aus einem sortenreinen Lager an einem Produktionsort	 Übergang einer Gitterbox von Bodenlager auf Stapler	P 2.4
Lagern – Verteilen	Verteilung von Gütern aus einem sortenreinen Lager auf mehrere Produktionsorte	 Übergang einer Gitterbox von Bodenlager auf Stapler	P 2.4
Lagern – Kommissionieren	Person-zur-Ware-Kommissionierung	 Übergang einer Gitterbox von Hochregallager auf Stapler	P 2.4
Lagern – Sortieren	Aufteilung von unterschiedlichen Gütern aus einem gemischten Lager auf mehrere Produktionsorte	 Übergang einer Gitterbox von Bodenlager auf Stapler	P 2.4
Lagern – Ver-/ Entpacken	Entfernung einer Schrumpffolie bei Palette im Lager	 Indirekter Verantwortungsübergang von WE-Mitarbeiter auf Kommissionierer über Lager als Entkopplungspunkt	M 2.1
Lagern – Prüfen	Inventur im Lager	 Informationsübergang von VDA-Label auf Lagermitarbeiter (z. B. Teilenummer)	I 1.1
Lagern – Buchen	Warenausbuchung aus Lager (vor Entnahme)	 Informationsübergang von Barcode auf Handscanner (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.1
Lagern – Etikettieren	Beschreibung eines an einem Gut angebrachten RFID-Transponders vor der Auslagerung	 Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Zielort)	I 3.1
Lagern – Dokumentieren	Manuelle Erfassung bestimmter Lagergüter als Altbestände in Verschrottungsliste	 Informationsübergang von VDA-Label auf Lagermitarbeiter (z. B. Teilenummer)	I 1.1

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle     = Menschliche Schnittstelle

**Tabelle 4-6: Typische logistische Schnittstellen nach dem Lagern**

### 4.3.5 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Sammeln

Nachdem Fördervorgänge Direktverkehre zwischen einer Quelle und einer Senke repräsentieren, wird die Funktion des Sammelns bei der Zusammenführung von Gütern aus mehreren Quellorten verwendet. Demzufolge werden bei einem Sammelprozess vor einer Lkw-Transportfahrt verschiedene Beladestellen im Warenausgang angefahren.

Nicht selten wird jedoch vor dem Abtransport der verladenen Güter noch ein Frachtbrief durch den Warenabsender sowie Frachtführer unterzeichnet. In diesem Fall werden die beiden Funktionen Sammeln und Dokumentieren aneinandergereiht.

Als prädestiniertes Fördermittel zur Sammlung von verteilten Gütern im internen Werksverkehr gilt der Routenzug aufgrund seiner hohen Aufnahmekapazität. Das anschließende Entladen der Anhänger wird über ein Fördern realisiert, welches an den Sammelvorgang anknüpft.

Alternativ zur Einzelentladung der Anhänger kann auch der gesamte Anhängerverbund vom Routenzug abgekoppelt und an eine Stellfläche übergeben werden. Bei diesem Anwendungsfall folgt auf das Sammeln unmittelbar ein Puffern.

Das örtliche Konzentrieren von Gütern, die an mehreren Stellen zur Abholung bereit stehen, kann gleichermaßen über einen Stapler erfolgen. Jener kann etwa beim

Kombinieren von Sammeln und Lagern Güter aus verschiedenen Produktionsorten zusammenführen und danach an einen bestimmten Lagerplatz übergeben.

In einer zweiten Variante werden die gesammelten Güter anschließend wiederum auf unterschiedliche Lagerorte nach chaotischem Prinzip verteilt.

Eine dritte Form des Einlagerns von zusammengeführten Gütern beschreibt die Funktionsfolge aus Sammeln und Sortieren, wo die Lagerorte der aufgenommenen Güter explizit vorgegeben werden. Auf diese Weise wird dem Staplerfahrer keine Auswahlmöglichkeit gewährt mit der Konsequenz, dass jedes Gut an einem definierten Platz abgestellt werden muss.

Neben den beschriebenen mechanisierten Einlagerungen treten in der Praxis ebenso automatisierte Vorgänge in Erscheinung. Bei ihnen führen die Güter ihre jeweils vorbestimmten Lagerorte beispielsweise auf RFID-Transpondern mit. Deren Beschreibung kann im Anschluss an die fördertechnische Zusammenführung der Güter erfolgen. Das entsprechende Funktionspaar setzt sich hierbei aus einem Sammeln und Etikettieren zusammen.

Das gleiche technische Prinzip lässt sich bei der Kombination aus Sammeln und Buchen beobachten, wenn Güter etwa auf einer Rollenbahn zunächst gebündelt und daraufhin einzeln identifiziert werden zum Zwecke einer Statuserfassung. Allerdings werden in diesem Fall die Transponder nicht mit Daten beschrieben. Vielmehr werden die Identifikationsnummern der verschiedenen Güter ausgelesen.

Selbst das Erzeugen eines Auftrages nach einem Sammelvorgang erfordert spezifische Güterinformationen. So kann etwa für das Auslösen eines Kommissionierauftrages der jeweils vorliegende Gütertyp relevant sein, den es wiederum entsprechend zu erfassen gilt.

Analog dazu wird die Kenntnis des aktuell anstehenden Typs oftmals auch vorausgesetzt, wenn verschiedenartige Güter an einem fördertechnisch angebundenen Prüf- oder Arbeitsplatz zusammenlaufen. In Abhängigkeit der übermittelten Informationen werden dann die erforderlichen Prüf- bzw. Arbeitsumfänge durchgeführt.

Nicht zuletzt ist das Sammeln von Gütern erforderlich, sobald jene in einem nächsten Schritt gemeinsam verpackt werden. Dies kann zum Beispiel auf einem Verpackungstisch geschehen, wo die Güter manuell in einer Kartonage verstaut werden.

Den dargelegten Funktionspaaren werden in Tabelle 4-7 jeweils typische Schnittstellen aus dem Logistikalltag zugeordnet.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Sammeln – Transportieren	Lkw-Beladung mit mehreren Beladestellen	 Übergang einer Palette von Stapler auf Lkw	P 2.1
Sammeln – Fördern	Routenzug-Entladung nach Sammlung von Gütern, die auf mehrere Produktionsorte verteilt waren	 Übergang einer Palette von Routenzug auf Stapler bei der Entladung des Anhängers	P 2.3
Sammeln – Puffern	Abkopplung von Routenzug-Anhängern nach Sammlung von Gütern, die auf mehrere Produktionsorte verteilt waren	 Übergang eines Anhängerverbundes von Zugmaschine auf Routenzugfahrer	P 1.1
Sammeln – Lagern	Sammlung von Gütern aus mehreren Produktionsorten durch Stapler und Aufbewahrung an einem Lagerort	 Übergang eines Gitterbox-Stapels von Stapler auf Bodenlager	P 2.4
Sammeln – Verteilen	Sammlung von Gütern aus mehreren Produktionsorten durch Stapler und chaotische Aufteilung auf mehrere Lagerorte	X	
Sammeln – Sortieren	Sammlung von Gütern aus mehreren Produktionsorten durch Stapler und Aufteilung auf vorgegebene Lagerorte	 Informationsübergang von VDA-Label auf Staplerfahrer (z. B. Lagerort)	I 1.1
Sammeln – Ver-/ Entpacken	Manuelles Verpacken von Gütern, die gesammelt auf einem Verpackungstisch bereitgestellt wurden, in einer Kartonage	 Übergang eines Bauteils von Logistiker auf Verpackungstisch	P 1.2
Sammeln – Prüfen	Zusammenführung von Gütern an einem fördertechnisch angebundnen Prüfplatz	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Prüfplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Sammeln – Bearbeiten	Zusammenführung von Gütern an einem fördertechnisch angebundnen Arbeitsplatz	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Arbeitsplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Sammeln – Buchen	Vergabe eines bestimmten Prozessstatus nach fördertechnischer Zusammenführung von Gütern	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Identifikationsnummer)	I 3.1
Sammeln – Etikettieren	Automatische Beschreibung von an Gütern angebrachten RFID-Transpondern nach deren fördertechnischer Zusammenführung	 Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Lagerort)	I 3.1
Sammeln – Auftrag erzeugen	Auslösung von Kommissionieraufträgen nach fördertechnischer Zusammenführung von Gütern	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Sammeln – Dokumentieren	Lkw-Beladung mit mehreren Beladestellen und anschließender Unterzeichnung des Frachtbriefes durch Warenabsender und Frachtführer	 Übergang einer Palette von Stapler auf Lkw	P 2.1

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle

**Tabelle 4-7: Typische logistische Schnittstellen nach dem Sammeln**

### 4.3.6 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Verteilen

Das Verteilen von Gütern beschreibt das Sammeln in umgekehrter Richtung und differenziert sich vom Sortieren in Kapitel 4.3.8 dadurch, dass es keinerlei Sortenmerkmale zu berücksichtigen gilt. Ein Verteilvorgang kann zunächst einmal beim Übergang zum außerbetrieblichen Güterverkehr in Erscheinung treten, wenn zum Beispiel typgleiche Paletten an mehrere Lkw übergeben und anschließend abtransportiert werden.

Es ist allerdings gängige Praxis, dass vor der Abfahrt eines Lkw zunächst noch ein Frachtbrief sowohl durch den Warenabsender als auch den Frachtführer unterschrieben wird. Die Ausführung dieser Zusatzfunktion hat zur Folge, dass die Übergabe der Paletten zwischen den beiden Funktionen Verteilen und Dokumentieren realisiert wird.

In der Intralogistik lassen sich ähnliche Vorgänge beobachten, allerdings setzt sich das resultierende Funktionspaar dann aus einem Verteilen und Fördern zusammen. Exemplarisch hierfür sei die Aufteilung einer sortenreinen Gütermenge auf mehrere Rollenbahnen erwähnt, welche jeweils einen Produktionsort versorgen.

In einer anderen Variante folgt auf das Verteilen ein Puffern, wenn typgleiche Güter beispielsweise direkt an den einzelnen Produktionsorten bereitgestellt werden.

Während das Gut im vorangegangenen Fall auf einen Pufferplatz wechselt, wird es bei der Paarung der beiden Funktionen Verteilen und Lagern an einen Lagerplatz übergeben. Ein Praxisbeispiel stellt die chaotische Einlagerung von Gütern gleichen Typs an mehreren Lagerorten dar.

Eine weitere Konstellation beschreibt zwei unmittelbar aufeinander folgende Verteilvorgänge. Jene tritt etwa dann auf, wenn mehrere Routenzüge mit gleichen Gütern beladen werden und jeder dieser Züge in einer zweiten Verteilstufe seine Ladung wiederum an verschiedene Produktionsorte ausliefert.

Ferner lässt sich ein Verteilen mit einem Verpacken kombinieren. Als mögliches Szenario in diesem Kontext kann die gleichmäßige Aufteilung von Gütern auf mehrere Verpackungstische angeführt werden, bevor sie dort in Kartonagen verstaut werden.

Im Zusammenhang mit automatisierten Materialflüssen lässt sich mitunter die Verknüpfung der Funktionen Verteilen und Etikettieren in der Logistikkette beobachten. So können etwa sortenreine Güter nach ihrer Verzweigung auf mehrere Rollenbahnen mit Informationen ausgestattet werden, die für die Abwicklung nachfolgender Prozesse von Bedeutung sind. Immer häufiger werden dabei RFID-Transponder als elektronische Etiketten verwendet, worauf die relevanten Daten gespeichert werden.

Analog zu den Prüf- und Bearbeitungsprozessen nach einem Sammelvorgang können auch im Anschluss an ein gleichmäßiges Verteilen von Gütern auf parallele Prüf- und Arbeitsplätze Typinformationen erforderlich sein. Jene können zum Beispiel wiederum aus den Datenträgern der Güter ausgelesen werden.

Das Erfassen von spezifischen Daten spielt gleichermaßen eine bedeutende Rolle, wenn Güter gebucht werden oder sie einen Auftrag auslösen, nachdem sie gleichmäßig auf mehrere Rollenbahnen verteilt wurden.

Zu den beschriebenen Funktionspaaren werden in Tabelle 4-8 noch exemplarische Schnittstellen ergänzt.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Verteilen – Transportieren	Aufteilung von typgleichen Gütern auf mehrere Lkw	 Übergang einer Palette von Stapler auf Lkw	P 2.1
Verteilen – Fördern	Übergabe typgleicher Güter an mehrere Rollenbahnen zur Versorgung unterschiedlicher Produktionsorte	 Übergang einer Palette von Stapler auf Rollenbahn	P 2.3
Verteilen – Puffern	Bereitstellung typgleicher Güter an mehreren Produktionsorten	 Übergang einer Palette von Stapler auf Pufferplatz	P 2.4
Verteilen – Lagern	Chaotische Einlagerung typgleicher Güter an mehreren Lagerorten	 Übergang einer Palette von Stapler auf Lagerplatz	P 2.4
Verteilen – Verteilen	Beladung mehrerer Routenzüge mit typgleichen Gütern zur Versorgung mehrerer Produktionsorte je Routenzug	 Übergang einer Gitterbox von Stapler auf Routenzuganhänger	P 2.3
Verteilen – Ver-/ Entpacken	Verpacken von Gütern, die zuvor gleichmäßig auf mehrere Verpackungstische aufgeteilt wurden, in Kartonagen	 Übergang eines Bauteils von Logistiker auf Verpackungstisch	P 1.2
Verteilen – Prüfen	Gleichmäßige Aufteilung von Gütern auf mehrere förder-technisch angebundene, gleichartige Prüfplätze	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Prüfplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Verteilen – Bearbeiten	Gleichmäßige Aufteilung von Gütern auf mehrere förder-technisch angebundene, gleichartige Arbeitsplätze	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Arbeitsplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Verteilen – Buchen	Vergabe eines bestimmten Prozessstatus nach gleichmäßiger Aufteilung von Gütern auf mehrere Rollenbahnen	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Identifikationsnummer)	I 3.1
Verteilen – Etikettieren	Automatische Beschreibung von RFID-Transpondern an typgleichen Gütern nach deren Aufteilung auf mehrere Rollenbahnen	 Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Lagerort)	I 3.1
Verteilen – Auftrag erzeugen	Auslösung von Kommissionieraufträgen nach gleichmäßiger Aufteilung von Gütern auf mehrere Rollenbahnen	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Verteilen – Dokumentieren	Aufteilung von typgleichen Gütern auf mehrere Lkw und anschließender Unterzeichnung des Frachtbriefes durch Warenabsender und Frachtführer	 Übergang einer Palette von Stapler auf Lkw	P 2.1

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle

**Tabelle 4-8: Typische logistische Schnittstellen nach dem Verteilen**

### 4.3.7 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Kommissionieren

Einen logistischen Kernprozess beschreibt auch das Kommissionieren in seinen vielfältigen Ausprägungsformen und Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Funktionen. Eine erste Option daraus ist das manuelle Kommissionieren in einer Zone mit einem anschließenden Förderprozess. Die Güter können zum Beispiel nach ihrer Entnahme auf einem Förderband abgelegt und über jenes abtransportiert werden.

Denkbar ist ebenso eine parallele Kommissionierung in mehreren Zonen, wobei alle Güter eines verteilten Auftrages in einem zweiten Schritt fördertechnisch zusammengeführt werden. Ein derart gestalteter Logistikablauf setzt sich aus den beiden Funktionen Kommissionieren und Sammeln zusammen.

Häufig in der industriellen Praxis zu beobachten ist auch ein Verteilen im Anschluss an eine Kommissionierung. So können ausgelagerte Güter vor dem Versand an

den Kunden nochmals hinsichtlich ihrer Qualität überprüft werden, indem sie etwa über Förderbänder gleichmäßig an mehrere Prüfplätze weitergereicht werden.

Sind jedoch bei der Wahl des Zielortes innerhalb eines Verteilvorganges auftragsbezogene Gütereigenschaften zu berücksichtigen, dann folgt auf die Kommissionierung ein Sortieren. Man spricht in diesem Kontext von einer zweistufigen Kommissionierung, bei welcher ein Gut nach dessen Entnahme an ein Sortiersystem übergeben wird.

In den bis dato geschilderten Fällen ist immer von einem unverzüglichen Abtransport der kommissionierten Güter ausgegangen worden. Es kann allerdings gleichermaßen vorkommen, dass ein entnommenes Gut zunächst auf einem Kommissioniertisch abgelegt und zwischengepuffert wird. Diesem Vorgehen liegt das Funktionspaar aus Kommissionieren und Puffern zugrunde.

Die gleiche Situation resultiert, wenn ein Gut nach dessen Kommissionierung auf einen Verpackungs- oder Arbeitstisch übergeht, um es entweder in einer Kartontage zu verstauen oder beispielsweise kleinere Vormontagetätigkeiten an ihm durchzuführen. In einer Logistikkette wird hierbei das Kommissionieren mit einem Verpack- bzw. Bearbeitungsprozess verknüpft.

Entscheidend für eine hohe Qualität bei der Kommissionierung ist unter anderem ein funktionierender Informationsfluss. Damit ein Gut nach seiner Entnahme aus dem Lager an den richtigen Bereitstellort gelangt, muss es vorab mit den entsprechenden Zielinformationen versehen werden. Dies geschieht, indem auf das Kommissionieren ein Etikettieren folgt. Anstelle von papiergebundenen Varianten kommen dabei immer häufiger RFID-Transponder zum Einsatz.

Eine weitere qualitätssteigernde Maßnahme beschreibt die Kombination der beiden Funktionen Kommissionieren und Prüfen. Um zu vermeiden, dass ein falsches Gut bereitgestellt wird, kann jenes nach dem Greifvorgang nochmals hinsichtlich der Richtigkeit der Teilenummer kontrolliert werden.

Eine Absicherung in Bezug auf die vollständige Abarbeitung eines Kommissionierauftrages kann darüber hinaus erreicht werden, indem eine Güterentnahme durch das Abhaken der entsprechenden Position auf einer Auftragsliste quittiert wird. In diesem Fall wird das Kommissionieren von einem Dokumentieren begleitet.

Eine systemunterstützte Lagerverwaltung ist die Grundvoraussetzung für eine transparente Bestandsführung. Deswegen ist es unerlässlich, dass Güter im An-

schluss an ihre Kommissionierung aus dem ERP-System ausgebucht werden. Die Kommunikation findet dabei nicht selten in elektronischer Form statt, indem die Buchungsdaten beispielsweise aus Barcodes mit Hilfe eines Handscanners ausgelesen werden.

Das Scannen von Barcodes kann ebenso zur Anwendung kommen, wenn es einen Nachschubauftrag zu erzeugen gilt, nachdem ein Gut kommissioniert wurde. Bei der Steuerung eines Supermarktes nach dem Zwei-Behälter-Prinzip erfordert etwa die Entnahme eines Behälters einen entsprechenden Nachschub.

In Tabelle 4-9 werden die vorgestellten Funktionspaare mit gängigen Schnittstellen aus der Praxis verknüpft.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Kommissionieren – Fördern	Kommissionierung mit Güterablage auf Förderband	 Übergang eines Bauteils von Kommissionierer auf Förderband	P 1.1
Kommissionieren – Puffern	Kommissionierung mit Güterablage auf Kommissioniertisch	 Übergang eines Bauteils von Kommissionierer auf Kommissioniertisch	P 1.2
Kommissionieren – Sammeln	Parallele Kommissionierung in mehreren Zonen mit anschließender Zusammenführung der Güter	 Übergang eines Bauteils von Kommissionierer auf Förderband	P 1.1
Kommissionieren – Verteilen	Kommissionierung mit anschließender gleichmäßiger Verteilung der Güter auf mehrere Plätze zur Qualitätsprüfung	 Übergang eines Bauteils von Kommissionierer auf Förderband	P 1.1
Kommissionieren – Sortieren	Kommissionierung mit anschließender Sortierung der Güter nach Zielort (zweistufige Kommissionierung)	 Übergang eines Bauteils von Kommissionierer auf Förderband eines Sortiersystems	P 1.1
Kommissionieren – Ver-/ Entpacken	Verpacken eines kommissionierten Gutes in Kartonage auf Verpackungstisch	 Übergang eines Bauteils von Kommissionierer auf Verpackungstisch	P 1.2
Kommissionieren – Prüfen	Identitätsprüfung bei kommissioniertem Gut	 Informationsübergang von VDA-Label auf Kommissionierer (z. B. Teilenummer)	I 1.1
Kommissionieren – Bearbeiten	Vormontagetätigkeit an kommissioniertem Gut auf Arbeitstisch	 Übergang eines Bauteils von Kommissionierer auf Arbeitstisch	P 1.2
Kommissionieren – Buchen	Warenausbuchung aus Lager (nach Entnahme)	 Informationsübergang von Barcode auf Handscanner (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.1
Kommissionieren – Etikettieren	Beschreibung eines an einem Gut angebrachten RFID-Transponders nach dessen Entnahme	 Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Bereitstellort)	I 3.1
Kommissionieren – Auftrag erzeugen	Auslösung eines Nachschubauftrages nach Entnahme eines Behälters aus Supermarkt (bei Zwei-Behälter-Prinzip)	 Informationsübergang von Barcode an Supermarktregal auf Handscanner (z. B. Teilenummer)	I 2.1
Kommissionieren – Dokumentieren	Bestätigung der Güterentnahme durch Abhaken der entsprechenden Position auf Kommissionierliste	 Informationsübergang von VDA-Label auf Kommissionierer (z. B. Teilenummer)	I 1.1

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle

**Tabelle 4-9: Typische logistische Schnittstellen nach dem Kommissionieren**

### 4.3.8 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Sortieren

Analog zum Kommissionieren ist auch beim Sortieren die Gütersorte ein entscheidendes Kriterium, welches die Richtung des Materialflusses bestimmt. Wiederum können Sortierprozesse mit zahlreichen anderen Logistikfunktionen kombiniert werden. Eine erste Paarung entsteht bei der Aneinanderreihung von Sortieren und Transportieren. Diese tritt zum Beispiel beim Verladen von versandfertigen Fahr-

zeugen auf unterschiedliche Lkw im Rahmen der Distribution auf. Die Verteilung erfolgt dabei in Abhängigkeit der späteren Zielorte der Fahrzeuge.

In der Produktionsversorgung sind Sortiervorgänge ebenfalls ein essentieller Bestandteil. Über die Verknüpfung von Sortieren und Fördern lässt sich beispielsweise die Entladung eines Routenzuges abbilden, der mehrere Produktionsorte mit unterschiedlichen Gütern anfährt.

Nicht selten werden sogar mehrere Routenzüge zur Belieferung verschiedener Fertigungsbereiche eingesetzt. Die Aneinanderreihung der beiden Funktionen Sortieren und Verteilen repräsentiert in diesem Kontext die Beladung von bereichsspezifischen Zügen mit jeweils typgleichen Gütern, wobei jeder der Züge anschließend mehrere Zielorte bedient.

Bei zwei aufeinander folgenden Sortierprozessen würde hingegen jeder bereichsspezifische Routenzug mit unterschiedlichen Gütern für mehrere Senken bestückt werden. Das erste Sortieren beschreibt wiederum den Beladevorgang.

Darüber hinaus stellt das Sortieren und Puffern eine häufige Paarung entlang einer Logistikkette dar. Anzutreffen ist jene unter anderem im Wareneingang, wenn Güter bei der Lkw-Entladung zunächst – je nach Typ – in verschiedenen Zonen abgestellt werden und dort bis zu ihrer Einlagerung verweilen.

Denkbar ist zudem, dass zwischen dem Sortieren und Puffern noch ein Dokumentieren stattfindet. Nach der vollständigen Entladung eines Lkw wird in vielen Fällen der Frachtbrief durch den Warenempfänger unterzeichnet.

Erforderlich kann ein Sortierprozess auch im Lager werden, sobald Güter spezifischen Bereichen fix zugeordnet sind. So können Kleinteile etwa für Fachbodenregale vorgesehen sein, während es Paletten in einem Hochregallager abzustellen gilt.

Selbst dem Verpacken von Gütern kann unter Umständen ein Sortiervorgang vorgeschaltet sein. Dieser Fall tritt beispielsweise ein bei mehreren vorhandenen Verpackungsplätzen, von denen jeder einzelne lediglich eine bestimmte Gütersorte abwickeln kann.

Das Funktionspaar aus Sortieren und Etikettieren tritt ferner in Erscheinung, wenn sich beispielsweise Güter auf sortenreine Rollenbahnen aufteilen, bevor deren RFID-Transponder mit prozessrelevanten Daten beschrieben werden.

### 4.3 Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen

Umgekehrt kann es im Anschluss an ein Sortieren auch notwendig sein, Informationen an definierten Statuspunkten aus Datenträgern auszulesen. Dies ist zum Beispiel beim Buchen der Fall, da hierbei die Identifikationsnummern von Gütern erfasst werden.

Alternativ können Kommissionieraufträge erzeugt werden nach dem Sortieren von Gütern. Dabei gilt es die individuellen Gütermerkmale beim Passieren eines Meldepunktes abzufragen.

Nicht zuletzt können typspezifische Prüf- respektive Arbeitsplätze eine vorsortierte Ankunft von Gütern erfordern. Gerade bei einer hohen Variantenvielfalt in manuellen Prozessen kann es sich positiv auf die Arbeitsqualität auswirken, wenn parallelen Stationen jeweils nur eine begrenzte Anzahl an Gütertypen zugewiesen wird.

Den dargelegten Funktionspaaren werden in Tabelle 4-10 jeweils typische Schnittstellen aus dem Logistikalltag zugeordnet.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Sortieren – Transportieren	Zielortreine Lkw-Beladung bei Fahrzeug-Distribution	 Übergang eines Fahrzeuges von Verladeplatz auf Lkw	P 2.2
Sortieren – Fördern	Entladung eines Routenzuges mit unterschiedlichen Gütern an mehreren Produktionsorten	 Übergang eines Anhängers von Zugmaschine auf Routenzugfahrer	P 1.1
Sortieren – Puffern	Lkw-Entladung mit mehreren Abladestellen für unterschiedliche Güter	 Übergang einer Palette von Stapler auf Pufferfläche	P 2.4
Sortieren – Lagern	Einlagerung unterschiedlicher Güter in verschiedene Lagerbereiche	 Übergang einer Palette von Stapler auf Lagerplatz	P 2.4
Sortieren – Verteilen	Beladung bereichsspezifischer Routenzüge mit jeweils typgleichen Gütern zur Versorgung mehrerer Produktionsorte	 Übergang einer Palette von Stapler auf Routenzug bei der Beladung des Anhängers	P 2.3
Sortieren – Sortieren	Beladung bereichsspezifischer Routenzüge mit jeweils unterschiedlichen Gütern zur Versorgung mehrerer Produktionsorte	 Übergang einer Palette von Stapler auf Routenzug bei der Beladung des Anhängers	P 2.3
Sortieren – Ver-/ Entpacken	Verpacken von Gütern in Kartonagen auf unterschiedlichen Verpackungstischen	 Übergang eines Bauteils von Logistiker auf Verpackungstisch	P 1.2
Sortieren – Prüfen	Typabhängige Aufteilung von Gütern auf mehrere förder-technisch angebundene Prüfplätze	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Prüfplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Sortieren – Bearbeiten	Typabhängige Aufteilung von Gütern auf mehrere förder-technisch angebundene Arbeitsplätze	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät am Arbeitsplatz (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Sortieren – Buchen	Vergabe eines bestimmten Prozessstatus nach typabhängiger Aufteilung von Gütern auf mehrere Rollenbahnen	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Identifikationsnummer)	I 3.1
Sortieren – Etikettieren	Automatische Beschreibung von RFID-Transpondern an Gütern nach deren Aufteilung auf mehrere sortenreine Rollenbahnen	 Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Lagerort)	I 3.1
Sortieren – Auftrag erzeugen	Auslösung von Kommissionieraufträgen nach typabhängiger Aufteilung von Gütern auf mehrere Rollenbahnen	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Sortieren – Dokumentieren	Lkw-Entladung mit mehreren Abladestellen für unterschiedliche Güter und anschließender Unterzeichnung des Frachtbriefes durch Warenempfänger	 Übergang einer Palette von Stapler auf Pufferfläche	P 2.4

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle

**Tabelle 4-10: Typische logistische Schnittstellen nach dem Sortieren**

### 4.3.9 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Ver- bzw. Entpacken

Verpackungsvorgänge nehmen eine wichtige Unterstützungsfunktion innerhalb einer Logistikkette ein zur Gewährleistung einer hohen Produktqualität durch Vermeidung von Transportschäden. Da jedoch Güter gerade bei einer unternehmensübergreifenden Wertschöpfung häufig nicht in der von Kundenseite gewünschten Bereitstellereinheit angeliefert werden können, bedarf es Umpackvorgänge im Prozessverlauf. Exemplarisch hierfür sei das manuelle Umpacken eines Gutes von einer Kartonage in einen Behälter im Wareneingang erwähnt. Das Öffnen der Kartonage entspricht dabei der Funktion Entpacken, während die anschließende Entnahme des Gutes bis zu dessen Ablage im Behälter als Fördern interpretiert wird.

Nicht immer ist es möglich, den Inhalt einer Kartonage exakt auf einen Behälter zu übertragen. Wenn gleichartige Güter nach dem Öffnen einer Kartonage auf mehrere Behälter aufgeteilt werden müssen, dann wird das Entpacken mit einem Verteilen kombiniert.

Es ist ebenso denkbar, typgleiche Güter, welche in verschiedenen Kartonnagen verpackt waren, in einem Behälter zusammenzuführen. Ein derartiger Vorgang würde sich aus den Prozessen Entpacken und Sammeln zusammensetzen.

Handelt es sich allerdings beim Kartoninhalt um verschiedene Güter, die entsprechend ihrer Sorte spezifischen Behältern zuzuordnen sind, so folgt ein Sortieren auf das Entpacken der Kartonage.

Das Entpacken von Gütern findet häufig auch erst im Lager statt, wenn jene zum Schutz vor äußeren Einflüssen bis zum Bedarfszeitpunkt verschlossen bleiben müssen. Hierbei würde das Öffnen einer Kartonage erst unmittelbar vor der Entnahme des benötigten Gutes aus dem Lager stattfinden. Dieser Fall wird über das Funktionspaar aus Entpacken und Kommissionieren abgebildet.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen Entpackvorgang mit einem Puffern oder Lagern zu verknüpfen. Ein solches Szenario entsteht, sobald ein Gut nach dem Auspacken noch eine gewisse Zeit auf einer Pufferfläche verweilt, bis es beispielsweise einer Qualitätsprüfung unterzogen wird.

Ganz ähnlich verhält es sich, wenn anstelle des Pufferns ein Lagerprozess folgt. Der Unterschied liegt einzig darin, dass das Entpacken eines Gutes nicht auf einer Pufferfläche, sondern im Lager geschieht.

In der Praxis zeigt sich des Öfteren auch die Aneinanderreihung der beiden Funktionen Verpacken und Etikettieren. So können Güter, die sich auf einer Palette im Warenausgang befinden, zunächst umreift werden, bevor sie mit Informationen etwa über ihr Versandziel versehen werden.

Ferner können unmittelbar nach dem Verpacken von Gütern im Warenausgangspuffer Versandaufträge erzeugt werden. Jene erfordern zum Beispiel die Erfassung der vorliegenden Teilenummern, Mengen sowie Zielorte.

Insbesondere die ersten beiden Informationen können darüber hinaus als Grundlage dienen bei einem Prüfprozess im Anschluss an ein Entpacken im Wareneingang. Um sich von der Korrektheit einer Lieferung zu überzeugen, werden vielfach die Realdaten der eingetroffenen Güter nochmals mit den ursprünglichen Bestelldaten abgeglichen.

Es ist ebenso nicht unüblich, auf eine Mengen- und Identitätsprüfung zu verzichten und lediglich offensichtliche Transportschäden im Anschluss an ein Entpacken zu dokumentieren. Beim Eintrag von Mängeln in ein Schadensprotokoll ist in der Regel die eindeutige Identifikationsnummer des betroffenen Gutes anzugeben.

Es kann natürlich auch – ohne jegliche Kontrolle – direkt im Anschluss an das Entpacken eines Gutes eine Wareneingangsbuchung vorgenommen werden. Um dabei Fehler bei manuellen Dateneingaben zu vermeiden, haben sich mittlerweile Barcode- oder RFID-Lösungen im logistischen Alltag etabliert.

Ein Entpackvorgang kann auch erst in der Produktion stattfinden, wenn es vor der Bearbeitung eines Gutes beispielsweise zunächst eine Schutzfolie zu entfernen gilt. In Abhängigkeit des vorliegenden Gütertyps können anschließend unterschiedliche Fertigungsschritte durchgeführt werden.

Zu den beschriebenen Funktionspaaren werden in Tabelle 4-11 noch exemplarische Schnittstellen ergänzt.

## 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle		Ref.-Nr.
Ver-/ Entpacken – Fördern	Manuelles Umpacken eines Gutes von Kartonage in einen Behälter nach Öffnung der Kartonage		Übergang einer Ware von Kartonage auf Umpacker	P 1.4
Ver-/ Entpacken – Puffern	Manuelles Auspacken eines Gutes auf Pufferfläche und anschließendem Warten auf Qualitätsprüfung	X		
Ver-/ Entpacken – Lagern	Manuelles Auspacken eines Gutes im Lager mit dessen anschließendem Verbleib bis zur Auslagerung	X		
Ver-/ Entpacken – Sammeln	Manuelles Umpacken typgleicher Güter von mehreren Kartonagen in einen Behälter nach Öffnung der Kartonagen		Übergang einer Ware von Kartonage auf Umpacker	P 1.4
Ver-/ Entpacken – Verteilen	Manuelles Umpacken typgleicher Güter von Kartonage in mehrere Behälter nach Öffnung der Kartonage		Übergang einer Ware von Kartonage auf Umpacker	P 1.4
Ver-/ Entpacken – Kommissionieren	Person-zur-Ware-Kommissionierung mit Öffnung einer Kartonage vor Entnahme		Übergang einer Ware von Kartonage auf Kommissionierer	P 1.4
Ver-/ Entpacken – Sortieren	Manuelles Umpacken unterschiedlicher Güter von Kartonage in mehrere typspezifische Behälter nach Öffnung der Kartonage		Übergang einer Ware von Kartonage auf Umpacker	P 1.4
Ver-/ Entpacken – Prüfen	Mengen- und Identitätsprüfung bei geliefertem Gut nach Entfernung der Verpackung (Überprüfung der korrekten Lieferung)		Informationsübergang von VDA-Label auf WE-Mitarbeiter (z. B. Teilenummer und Menge)	I 1.1
Ver-/ Entpacken – Bearbeiten	Entfernung einer Schutzfolie vor der Bearbeitung eines Gutes		Informationsübergang von VDA-Label auf Werker (z. B. Gütertyp)	I 1.1
Ver-/ Entpacken – Buchen	Wareneingangsbuchung nach Entfernung der Verpackung		Informationsübergang von Barcode auf Hand-scanner (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.1
Ver-/ Entpacken – Etikettieren	Beschreibung eines an einem Gut angebrachten RFID-Transponders nach dessen Umreifung		Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Versandziel)	I 3.1
Ver-/ Entpacken – Auftrag erzeugen	Auslösung eines Versandauftrages nach Umreifung von Gütern im Warenausgangspuffer		Informationsübergang von Barcode auf Hand-scanner (z. B. Teilenummer, Menge und Zielort)	I 2.1
Ver-/ Entpacken – Dokumentieren	Erfassung von Transportschäden in Schadensprotokoll nach Entfernung der Verpackung		Informationsübergang von VDA-Label auf WE-Mitarbeiter (z. B. Identifikationsnummer)	I 1.1

= Physische Schnittstelle    = Informationelle Schnittstelle

Tabelle 4-11: Typische logistische Schnittstellen nach dem Ver- bzw. Entpacken

### 4.3.10 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Prüfen

Neben dem Ver- bzw. Entpacken zählt auch das Prüfen zu den unterstützenden Funktionen im Rahmen eines Wertschöpfungsprozesses. Durch Kontrollen an definierten Stellen im Materialfluss soll gewährleistet werden, dass korrekte und fehlerfreie Güter in der vom Kunden geforderten Menge rechtzeitig an die Bedarfsorte gelangen. Eine Prüfung findet in der Praxis häufig statt, bevor ein Gut einen Ortswechsel vollzieht. So wird vor der Abfahrt eines Lkw in der Regel noch dessen Ladung auf Vollständigkeit überprüft anhand des ausgestellten Frachtbriefes. Bei einem positiven Kontrollergebnis kann unmittelbar danach der Abtransport der Güter gestartet werden.

Bei der Kombination aus Prüfen und Fördern kann beispielsweise vorab eine Identitätsprüfung erfolgen, um sicher zu gehen, dass die richtige Gitterbox in ein Lager abtransportiert wird.

Das gleiche Prozedere kann beim Sammeln von Gütern in Erscheinung treten. Das würde bedeuten, im Rahmen eines Prüfvorganges zunächst typgleiche Güter an

mehreren Bereitstellorten zu identifizieren, bevor jene anschließend aufgegriffen und an einem Platz zusammengeführt werden.

Eine Kontrollmaßnahme vor dem Verteilen von gleichartigen Gütern auf verschiedene Produktionsorte beschreibt den umgekehrten Materialfluss. Diesem Funktionspaar kommt in der Praxis eine große Bedeutung zu, um etwa dem Verbau von Falschteilen in einer Montage vorzubeugen.

Bei unterschiedlichen Gütertypen kann nach einem Prüfvorgang ein Sortieren erforderlich werden. So kann im Nachgang an eine automatisierte Qualitätsprüfung eine Aufteilung von Gütern auf mehrere Rollenbahnen erfolgen. Als Entscheidungskriterium können dabei jeweils die am Gut mitgeführten spezifischen Informationen dienen.

Häufig zu beobachten ist hingegen auch die Verknüpfung von Prüfen und Kommissionieren. Eine Entnahmekontrolle im Vorfeld durch das Abgleichen eines Gutes mit den Daten auf einer Kommissionierliste dient der Vermeidung von Greiffehlern.

Es existieren darüber hinaus ebenso Fälle, bei denen die Güter nach einer Kontrolle zunächst unangetastet bleiben, wie die Kombination aus Prüfen und Lagern zeigt. Mit jener kann man unter anderem eine Inventur abbilden, bei welcher die tatsächlichen Bestände in einem Lager erfasst werden, ohne dass dieser Prozess eine unmittelbare Auslagerung von Gütern nach sich zieht.

Ganz ähnlich verhält es sich, wenn auf das Prüfen ein Puffervorgang folgt. Im Anschluss an eine Wareneingangsprüfung ist es nicht unüblich, dass die Güter bis auf weiteres im Wareneingangspuffer verweilen.

Eine Wareneingangsprüfung wird oftmals auch von einem Buchungsprozess begleitet. Dieser läuft in der Form ab, dass die angelieferten Güter durch das Erfassen ihrer Teilenummern und Mengen in ein übergeordnetes ERP-System eingepflegt werden.

Sollte eine Qualitätsprüfung im Wareneingang negativ ausfallen, so werden die festgestellten Mängel in der Praxis vielfach in einem Prüfprotokoll festgehalten zusammen mit der Identifikationsnummer des betroffenen Gutes. Ein derartiger Ablauf würde in einer Logistikkette über die beiden Funktionen Prüfen und Dokumentieren dargelegt werden.

Einen weiteren typischen Anwendungsfall beschreibt eine finale Prüfung im Warenausgang mit einem anschließenden Verpacken des versandbereiten Gutes. Die Wahl des Verpackungsmaterials kann hierbei von spezifischen Hinweisen abhängen, welche zum Beispiel auf dem VDA-Label des Gutes hinterlegt sein können.

Anstatt ein Gut zu verpacken, kann alternativ auch direkt ein Versandauftrag nach einer Warenausgangsprüfung erzeugt werden. Die dazu notwendigen Informationen wie Teilenummer, Menge sowie Zielort können sich wiederum auf einem VDA-Label befinden.

Im Produktionsumfeld stößt man häufiger auf die Kopplung der Funktionen Prüfen und Bearbeiten, wenn etwa nach der Identifikation von Qualitätsmängeln an einem Gut ein Nacharbeitsprozess eingeleitet wird. Jener kann in Abhängigkeit des vorliegenden Gütertyps auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen.

Um ein Gut, bei dem nach einer Qualitätskontrolle der Weg in die Nacharbeit erforderlich wird, entsprechend zu kennzeichnen, kann beispielsweise dessen Qualitätsstatus auf einem mitgeführten RFID-Transponder hinterlegt werden. Bei diesem Szenario wird ein Prüfen mit einem Etikettieren verbunden.

In Tabelle 4-12 werden die vorgestellten Funktionspaare mit gängigen Schnittstellen aus der Praxis verknüpft.

## 4.3 Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar		Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Prüfen – Transportieren	Kontrolle der Lkw-Ladung auf Vollständigkeit vor Abfahrt gemäß Frachtbrief	X		
Prüfen – Fördern	Identitätsprüfung unmittelbar vor der Einlagerung eines Gutes	✕	Übergang einer Gitterbox von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Prüfen – Puffern	Wareneingangsprüfung mit anschließendem Verbleib der Güter im Wareneingangspuffer bis zu deren Einlagerung	✕	Direkter Verantwortungsübergang von WE-Mitarbeiter auf Lagerist per Telefon	M 1.3
Prüfen – Lagern	Inventur mit anschließendem Verbleib der Güter im Lager	X		
Prüfen – Sammeln	Identitätsprüfung unmittelbar vor der Zusammenführung typgleicher Güter an einem Ort	✕	Übergang einer Gitterbox von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Prüfen – Verteilen	Identitätsprüfung unmittelbar vor der Bereitstellung typgleicher Güter an mehreren Produktionsorten	✕	Übergang eines Gitterbox-Stapels von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Prüfen – Kommissionieren	Entnahmekontrolle (Abgleich eines Gutes mit Daten auf Kommissionierliste vor Entnahme)	✕	Übergang eines Bauteils von Pufferplatz im Supermarkt auf Kommissionierer	P 1.2
Prüfen – Sortieren	Automatisierte Qualitätsprüfung von Gütern auf einer Rollenbahn mit anschließender typabhängiger Aufteilung auf mehrere Rollenbahnen	✕	Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Versandziel)	I 3.1
Prüfen – Ver/ Entpacken	Warenausgangsprüfung vor manueller Verpackung der Güter mit verschiedenen Materialien	✕	Informationsübergang von VDA-Label auf WA-Mitarbeiter (z. B. Verpackungshinweis)	I 1.1
Prüfen – Bearbeiten	Unmittelbare Nacharbeit von identifizierten Mängeln nach Qualitätsprüfung	✕	Informationsübergang von VDA-Label auf Werker (z. B. Gütertyp)	I 1.1
Prüfen – Buchen	Wareneingangsbuchung nach Wareneingangsprüfung	✕	Informationsübergang von Barcode auf Hand-scanner (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.1
Prüfen – Etikettieren	Vermerk auf Gut hinsichtlich dessen Qualitätsstatus nach Qualitätsprüfung	✕	Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Status „Nicht in Ordnung“)	I 3.1
Prüfen – Auftrag erzeugen	Auslösung eines Versandauftrages nach Warenausgangsprüfung	✕	Informationsübergang von Barcode auf Hand-scanner (z. B. Teilenummer, Menge und Zielort)	I 2.1
Prüfen – Dokumentieren	Erfassung von Mängeln in Prüfprotokoll nach Qualitätsprüfung	✕	Informationsübergang von VDA-Label auf WE-Mitarbeiter (z. B. Identifikationsnummer)	I 1.1

 = Physische Schnittstelle    
 = Informationelle Schnittstelle    
 = Menschliche Schnittstelle

**Tabelle 4-12: Typische logistische Schnittstellen nach dem Prüfen**

### 4.3.11 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Bearbeiten

Trotz ihres nicht-logistischen Charakters sind Bearbeitungsvorgänge unverzichtbare Elemente einer Wertschöpfungskette, da sie vielfach den Start- sowie Endpunkt von Logistikabläufen bilden. Ein erstes klassisches Beispiel beschreibt die manuelle Entnahme eines Gutes aus einer Fertigungsanlage, was den beiden aufeinander folgenden Funktionen Bearbeiten und Fördern entspricht.

Etwas komplexer gestaltet sich die Situation bei der Paarung von Bearbeiten und Sammeln. Im Unterschied zum ersten Fall würden hierbei mehrere parallele Anlagen vorliegen, deren Fertigungszeiten identisch sind. So würden die bearbeiteten Güter nach jedem Produktionslauf zunächst eingesammelt werden, bevor der nächste Lauf gestartet wird.

Ebenso ist es möglich, einen Bearbeitungsvorgang mit einem Verteilen zu kombinieren. Sollten typgleiche Güter, welche an mehreren Zielorten benötigt werden, lediglich an einer Anlage gefertigt werden, so gilt es jene anschließend entsprechend aufzuteilen.

Ferner können die beiden Prozesse Bearbeiten und Sortieren miteinander verknüpft werden. So können unterschiedliche Güter beispielsweise einen automatisierten Fertigungsschritt durchlaufen, ehe sie für die nachfolgenden Prozessschritte mehreren typspezifischen Rollenbahnen zugeordnet werden.

Der Typ eines Gutes kann auch von Bedeutung sein, wenn es jenes unmittelbar nach einem Bearbeitungsvorgang individuell zu verpacken gilt. Die Gütereigenschaften entscheiden dann über die zu verwendenden Materialien, um einen ausreichenden Transportschutz zu gewährleisten.

Außerdem kann eine Qualitätsprüfung direkt im Anschluss an einen Bearbeitungsschritt eine Typabfrage erfordern. Unter Umständen können die Prüfumfänge zwischen den verschiedenen Gütersorten variieren.

Um die Transparenz in der Produktion zu erhöhen, kann ein Bearbeitungsprozess mit einem Buchungsvorgang abgeschlossen werden. Zur Vergabe eines bestimmten Fertigungsstatus wird – anders als bei den Szenarien zuvor – nicht der Typ eines Gutes, sondern dessen Identifikationsnummer als Eingangsinformation benötigt.

Die eindeutige Nummer eines Gutes kann ebenfalls verwendet werden bei der Paarung von Bearbeiten und Dokumentieren. Bei Nacharbeitsprozessen beispielsweise müssen behobene Mängel aus Gründen der Nachverfolgbarkeit nicht selten in einem Nacharbeitsprotokoll festgehalten werden unter Angabe der Identifikationsnummer des behandelten Gutes.

Mit dem Ende eines Bearbeitungsvorganges kann darüber hinaus das Erzeugen eines Auftrages einhergehen. So ist es durchaus üblich, dass für ein fertiggestelltes Gut ein Einlagerauftrag generiert wird, welcher danach auf das Terminal eines Staplerfahrers übertragen wird. Die Auftragserstellung basiert in der Regel auf der Teilenummer des betroffenen Gutes.

Weiterhin kann auf ein Bearbeiten ein Etikettieren folgen. Sofern Güter nach dem finalen Bearbeitungsschritt verschiedene externe Ziele ansteuern, müssen sie jeweils mit spezifischen Versandinformationen ausgestattet werden. Diese können zum Beispiel auf einem mit dem Gut verbundenen RFID-Transponder hinterlegt werden.

Zuletzt sei die Kombination aus Bearbeiten und Puffern genannt, bei welcher nach Abschluss eines Fertigungsprozesses zunächst keinerlei Aktionen erfolgen. Das ist

etwa bei Gütern erforderlich, die aus verfahrenstechnischen Gründen nach ihrer Bearbeitung noch für eine gewisse Zeit am Arbeitsplatz verbleiben müssen, um dort abzukühlen oder zu trocknen.

Den dargelegten Funktionspaaren werden in Tabelle 4-13 jeweils typische Schnittstellen aus dem Logistikalltag zugeordnet.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Bearbeiten – Fördern	Manuelle Entnahme eines Gutes aus einer Fertigungsanlage	 Übergang eines Werkstücks von Fertigungsanlage auf Werker	P 1.3
Bearbeiten – Puffern	Kurzzeitiger Verbleib der Güter am Arbeitsplatz nach Bearbeitung (z. B. für Abkühl- oder Trocknungsphase)	X	
Bearbeiten – Sammeln	Manuelle Entnahme von Gütern aus mehreren parallelen Fertigungsanlagen	 Übergang eines Werkstücks von Fertigungsanlage auf Werker	P 1.3
Bearbeiten – Verteilen	Aufteilung typgleicher Güter auf mehrere Bereitstellorte nach manueller Entnahme aus einer Fertigungsanlage	 Übergang eines Werkstücks von Fertigungsanlage auf Werker	P 1.3
Bearbeiten – Sortieren	Automatische Bearbeitung von Gütern auf einer Rollenbahn mit anschließender typabhängiger Aufteilung auf mehrere Bahnen	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Bearbeiten – Ver-/ Entpacken	Manuelle Verpackung von Gütern mit verschiedenen Materialien unmittelbar nach deren Bearbeitung	 Informationsübergang von VDA-Label auf Werker (z. B. Verpackungshinweis)	I 1.1
Bearbeiten – Prüfen	Automatische Qualitätsprüfung unmittelbar nach Durchführung eines Bearbeitungsschrittes	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Bearbeiten – Buchen	Vergabe eines bestimmten Fertigungsstatus nach Bearbeitung eines Gutes	 Informationsübergang von Barcode auf Handscanner (z. B. Identifikationsnummer)	I 2.1
Bearbeiten – Etikettieren	Beschreibung eines an einem Gut angebrachten RFID-Transponders nach dessen Bearbeitung	 Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Versandziel)	I 3.1
Bearbeiten – Auftrag erzeugen	Auslösung eines Einlagerauftrages für Staplerfahrer nach Bearbeitung eines Gutes	 Informationsübergang von Barcode auf Handscanner (z. B. Teilenummer)	I 2.1
Bearbeiten – Dokumentieren	Behebung von Mängeln und anschließende Erfassung der Tätigkeiten in Nacharbeitsprotokoll	 Informationsübergang von VDA-Label auf Werker (z. B. Identifikationsnummer)	I 1.1

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle

**Tabelle 4-13: Typische logistische Schnittstellen nach dem Bearbeiten**

### 4.3.12 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Buchen

Eine wichtige Informationsflussfunktion stellt das Buchen dar. Um größtmögliche Transparenz über den aktuellen Aufenthaltsort oder Fertigungszustand eines Gutes zu erhalten, werden entlang einer Wertschöpfungskette verschiedene Status definiert und vergeben. Auf einen Buchungsvorgang können diverse weitere Logistikfunktionen folgen wie etwa das Fördern. Diese Kombination beschreibt einen klassischen Ablauf im Wareneingang, bei dem ein Gut zuerst systemseitig erfasst wird, bevor es physisch in Richtung Lager bewegt wird.

Eine ähnliche Konstellation resultiert, wenn mehrere Güter in einem Lager zusammengeführt werden, welche zuvor an unterschiedlichen Wareneingangsrampen entladen und gebucht wurden. Diesem Szenario liegt das Funktionspaar aus Buchen und Sammeln zugrunde.

Ein Buchungsvorgang kann ebenfalls unmittelbar nach dem Ablegen eines Gutes auf einer Pufferfläche im Wareneingang oder einem Lagerplatz geschehen. Dort verweilt das Gut anschließend für einen in der Regel unbestimmten Zeitraum.

In der Praxis anzutreffen ist ferner die Situation, dass typgleiche Güter vor deren Aufnahme am Lagerplatz gebucht werden, ehe sie auf mehrere Produktionsorte verteilt werden.

Eine gängige Paarung bilden auch die beiden Funktionen Buchen und Kommissionieren. Hierbei wird ein auftragsspezifisches Gut erst dann zum Beispiel aus einem Supermarkt entnommen, nachdem es aus dem ERP-System ausgebucht wurde.

Die Entnahme des Gutes kann sich verzögern, sobald im Anschluss an den Buchungsvorgang ein Auftrag zu erzeugen ist. In Logistiksupermärkten herrscht vielfach ein Zwei-Behälter-Prinzip, wonach ein leer gewordener Behälter einen Bedarf signalisiert. In diesem Fall gilt es einen Nachschubauftrag zu generieren auf Grundlage der betroffenen Teilenummer.

Durchaus denkbar ist zudem, dass sich an ein Buchen ein Etikettieren anschließt. Nach der Auslagerung eines Gutes und der entsprechenden Bestandsanpassung im ERP-System kann es der weitere Prozessablauf erfordern, dass beispielsweise das Versandziel des Gutes auf dessen RFID-Transponder vermerkt wird.

In der Fertigung lässt sich bisweilen die Verknüpfung von Buchen und Verpacken erkennen. Nach dem letzten Bearbeitungsschritt etwa kann der Werker ein Gut fertigmelden und danach dessen Transportfähigkeit herstellen unter Berücksichtigung individueller Verpackungsvorgaben.

In gleicher Weise kann ein Buchen vor einem Bearbeitungsvorgang stattfinden. Jener wird demnach erst gestartet, nachdem das Gut einen bestimmten Fertigungsstatus im System erhalten hat. Die nachfolgend durchzuführenden Fertigungsumfänge können gegebenenfalls an die vorliegende Gütersorte gekoppelt sein.

Nach einer Buchungstätigkeit lässt sich – insbesondere bei fördertechnischen Abläufen – gelegentlich ein Sortierprozess erkennen. Bei diesem Funktionspaar kann in einem ersten Schritt der Status eines Gutes erfasst werden, bevor jenes anschließend typabhängig einer bestimmten Rollenbahn zugeordnet wird.

## 4.3 Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen

Auf ein Buchen kann außerdem ein Prüfprozess folgen. Unter Umständen wird ein Gut erst nach einer Wareneingangsbuchung bezüglich qualitativer Mängel untersucht. Die Prüfkriterien können dabei typspezifisch sein.

Zum Schluss sei noch auf eine der häufigsten Kombinationen bei der Abbildung von Informationsflüssen in Logistikketten verwiesen. Diese setzt sich aus den beiden Funktionen Buchen und Dokumentieren zusammen. Während Ersterer im Kontext einer Lagerausbuchung das Erfassen von Güterinformationen über ein Peripheriegerät beschreibt, repräsentiert Letztere das Speichern und Verarbeiten der gewonnenen Daten in einem übergeordneten ERP-System (siehe Abbildung 4-19).

Zu den beschriebenen Funktionspaaren werden in Tabelle 4-14 noch exemplarische Schnittstellen ergänzt.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar		Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Buchen – Fördern	Lagereinbuchung eines Gutes vor physischem Abtransport ins Lager		Übergang einer Palette von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Buchen – Puffern	Lagereinbuchung eines Gutes unmittelbar nach dessen Ablage auf Wareneingangsfläche	X		
Buchen – Lagern	Lagereinbuchung eines Gutes unmittelbar nach dessen Ablage im Lager	X		
Buchen – Sammeln	Lagereinbuchung von Gütern vor deren Zusammenführung aus mehreren Wareneingangszonen in einem Lager		Übergang einer Palette von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Buchen – Verteilen	Lagerausbuchung von typgleichen Gütern vor deren Aufteilung auf mehrere Produktionsorte		Übergang eines Gitterbox-Stapels von Lagerplatz auf Stapler	P 2.4
Buchen – Kommissionieren	Lagerausbuchung (vor manueller Entnahme)		Übergang eines Bauteils von Pufferplatz im Supermarkt auf Kommissionierer	P 1.2
Buchen – Sortieren	Statuserfassung bei Gütern auf einer Rollenbahn mit anschließender typabhängiger Aufteilung auf mehrere Bahnen		Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Buchen – Ver-/ Entpacken	Fertigmeldung von Gütern vor deren manueller Verpackung mit verschiedenen Materialien		Informationsübergang von VDA-Label auf Werker (z. B. Verpackungshinweis)	I 1.1
Buchen – Prüfen	Manuelle Qualitätsprüfung nach Wareneingangsbuchung		Informationsübergang von VDA-Label auf WE-Mitarbeiter (z. B. Gütertyp)	I 1.1
Buchen – Bearbeiten	Manuelle Bearbeitung eines Gutes nach Vergabe eines bestimmten Fertigungsstatus		Informationsübergang von VDA-Label auf Werker (z. B. Gütertyp)	I 1.1
Buchen – Etikettieren	Beschreibung eines an einem Gut angebrachten RFID-Transponders nach dessen Lagerausbuchung		Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Versandziel)	I 3.1
Buchen – Auftrag erzeugen	Auslösung eines Nachschubauftrages bei leerem Behälter nach Teileausbuchung aus Supermarkt (bei Zwei-Behälter-Prinzip)		Informationsübergang von Barcode an Supermarktregal auf Handscanner (z. B. Teilenummer)	I 2.1
Buchen – Dokumentieren	Speicherung und Verarbeitung von Güterdaten in einem ERP-System zum Zwecke einer Lagerausbuchung		Informationsübergang von Handscanner auf ERP-System (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.2

= Physische Schnittstelle    = Informationelle Schnittstelle

Tabelle 4-14: Typische logistische Schnittstellen nach dem Buchen

### 4.3.13 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Etikettieren

Das Etikettieren kann sowohl in physischer als auch elektronischer Form erfolgen. Bei Ersterer werden Papierbelege oder Begleitscheine in verschiedensten Ausprägungen an Gütern fixiert. Bei der zweiten Variante hingegen werden Informationen beispielsweise auf RFID-Transpondern hinterlegt, welche mit Gütern verbunden

sind. Innerhalb von Logistikketten folgt auf das Etikettieren nicht selten ein Fördervorgang. Diese Kombination tritt etwa auf, wenn ein bereitgestelltes Gut vor dessen Einlagerung noch mit einem Beleg versehen wird, worauf der Lagerort vermerkt ist.

Im Bereich der Kommissionierung ist ferner die Verknüpfung von Etikettieren und Sammeln häufiger anzutreffen, wenn in mehreren Zonen parallel gearbeitet wird. Dabei kann es erforderlich sein, die einzelnen Güter nach dem Auslagern und dem anschließenden Anbringen von Kommissionierbelegen fördertechnisch zusammenzuführen.

Bei lediglich einer Kommissionierzone würde ein nachgeschaltetes Sammeln entfallen. Stattdessen kann nach dem Etikettieren jedoch ein Verteilvorgang entstehen, wobei die mit Kommissionierbelegen ausgestatteten Güter zum Beispiel gleichmäßig mehreren Prüfplätzen zugeführt werden.

Denkbar ist darüber hinaus, dass kommissionierte Güter im Anschluss an ein Etikettieren einen Sortierprozess durchlaufen. Hierbei würden in einem ersten Schritt etwa Produktdaten auf ihre RFID-Transponder geschrieben werden. Ein gezieltes Aufteilen der Güter danach auf mehrere Rollenbahnen erfordert einen umgekehrten Informationsfluss, indem die vorliegenden Typen sukzessive aus den einzelnen Transpondern ausgelesen werden.

Das Aufkleben eines Beleges kann ebenso unmittelbar vor der Entnahme eines spezifischen Gutes geschehen. In diesem Fall würde das Funktionspaar aus Etikettieren und Kommissionieren zugrunde liegen.

Außerdem kann das Etikettieren mit einem Buchen kombiniert werden. Bei jener Konstellation würde beispielsweise ein Gut erst dann systemseitig aus dem Lagerbestand entfernt werden, nachdem es mit einem Auslagerbeleg versehen wurde.

Bei einem Gut, welches nach der Entnahme aus dem Lager zügig versandt werden soll, kann es durchaus sinnvoll sein, gleich nach dem Anbringen des Auslagerbeleges einen Versandauftrag zu erstellen. Somit würde auf das Etikettieren die Funktion Auftrag erzeugen folgen.

Das Etikettieren spielt auch bei der Warenvereinnahmung eine bedeutende Rolle. In Verbindung mit einem Puffern kann ein auf einer Wareneingangfläche abgestelltes Gut zunächst einen Einlagerbeleg erhalten, bevor es dort noch bis zum tatsächlichen Abtransport ins Lager verbleibt.

Eine etwas andere Situation ergibt sich bei der Paarung von Etikettieren und Lagern. Hierbei würde der Beleg erst nach dem Einlagerungsprozess am Gut fixiert werden.

Nicht weniger wichtig ist das Etikettieren im Warenausgang, wo es zum Beispiel mit einem Verpacken gekoppelt sein kann. Auf das Ausstatten von Gütern mit entsprechenden Lieferscheinen können in diesem Zusammenhang Maßnahmen folgen, die auf einen jeweils individuellen Transportschutz abzielen.

Ein Etikettieren kann zudem ein Prüfen nach sich ziehen. Exemplarisch sei eine Warenausgangsprüfung erwähnt, bei der die Teilenummern der auszuliefernden Güter nochmals mit den Angaben auf einem zuvor angebrachten Lieferschein abgeglichen werden.

Ein ähnliches Kontrollverfahren kann sich bereits beim Anheften des Lieferscheins ergeben, indem nachfolgend dessen Nummer auf einer Versandliste abgehakt wird. Durch die Verknüpfung von Etikettieren und Dokumentieren soll in diesem Fall sichergestellt werden, dass eine Warensendung die korrekten Lieferscheine enthält.

Nicht zuletzt kann ebenso in der Fertigung vor einem Bearbeitungsschritt ein Etikettieren stattfinden. Ein derartiges Szenario entsteht beispielsweise, wenn zu Beginn des Karosseriebaus in der Automobilproduktion die Kennnummer eines Fahrzeuges in dessen Hinterbodenblech eingraviert wird, ehe Hinter- und Vorderboden im Rahmen eines Fügeprozesses miteinander verbunden werden.

In Tabelle 4-15 werden die vorgestellten Funktionspaare mit gängigen Schnittstellen aus der Praxis verknüpft.

## 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

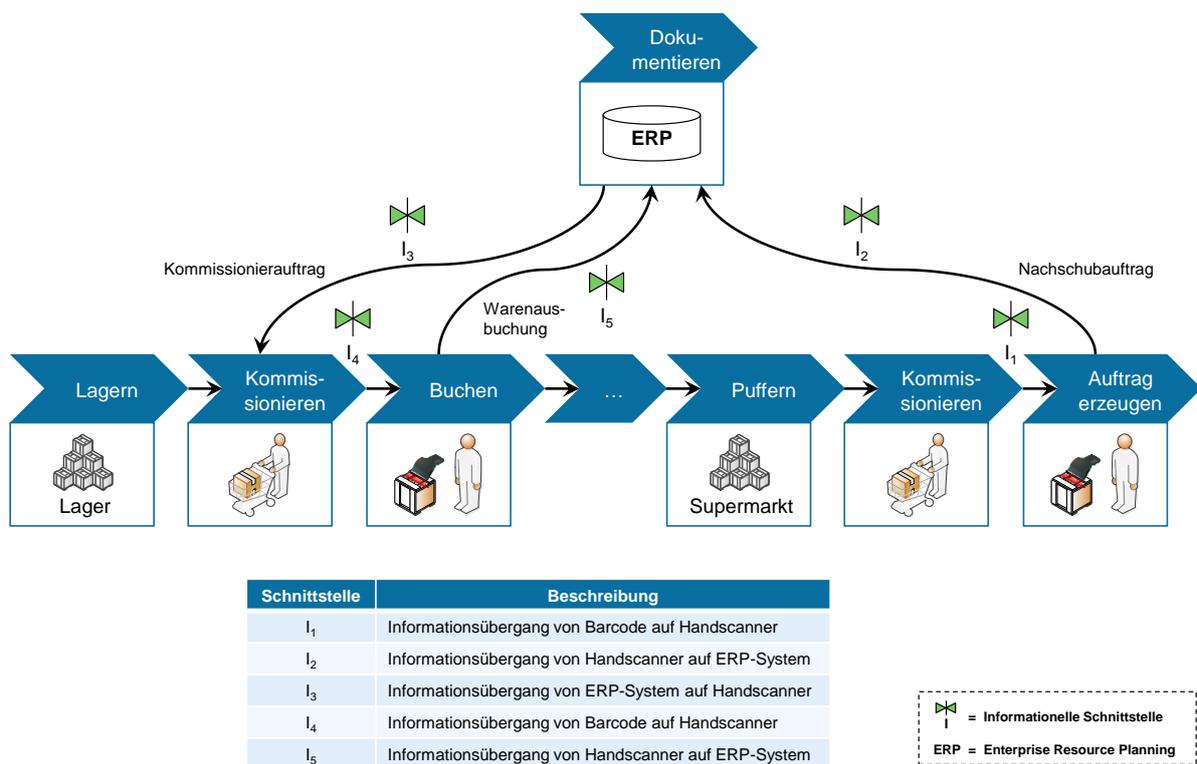
Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Etikettieren – Fördern	Anbringung eines Einlagerbeleges an Gut unmittelbar vor dessen Einlagerung	 Übergang einer Palette von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Etikettieren – Puffern	Anbringung eines Einlagerbeleges an Gut mit dessen anschließendem Verbleib in Wareneingangspuffer	 Direkter Verantwortungsübergang von WE-Mitarbeiter auf Lagerist per Zuruf	M 1.2
Etikettieren – Lagern	Anbringung eines Einlagerbeleges an Gut unmittelbar nach dessen Einlagerung	X	
Etikettieren – Sammeln	Anbringung von Kommissionierbelegen an Gütern in parallelen Zonen vor deren Zusammenführung	 Übergang einer Kiste von Kommissionierer auf Förderband	P 1.1
Etikettieren – Verteilen	Anbringung von Kommissionierbelegen an Gütern vor deren gleichmäßiger Aufteilung auf mehrere Prüfplätze	 Übergang einer Kiste von Kommissionierer auf Förderband	P 1.1
Etikettieren – Kommissionieren	Anbringung eines Kommissionierbeleges an Gut (vor manueller Entnahme)	 Übergang eines Bauteils von Pufferplatz im Supermarkt auf Kommissionierer	P 1.2
Etikettieren – Sortieren	Beschreibung von an Gütern angebrachten RFID-Transpondern auf einer Rollenbahn mit deren anschließender typabhängiger Aufteilung auf mehrere Rollenbahnen	 Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Etikettieren – Ver-/ Entpacken	Manuelle Verpackung von Gütern im Warenausgangspuffer mit verschiedenen Materialien nach Anbringung der Lieferscheine	 Informationsübergang von VDA-Label auf WA-Mitarbeiter (z. B. Verpackungshinweis)	I 1.1
Etikettieren – Prüfen	Warenausgangsprüfung nach Anbringung eines Lieferscheins an Gütern (Abgleich Güter mit Angaben auf Lieferschein)	 Informationsübergang von VDA-Label auf WA-Mitarbeiter (z. B. Teilenummer)	I 1.1
Etikettieren – Bearbeiten	Einprägung der Fahrzeug-Kennnummer in Hinterbodenblech mit anschließendem Fügen von Hinter- und Vorderboden	X	
Etikettieren – Buchen	Teileausbuchung aus Lager nach Anbringung eines Auslagerbeleges an Gut	 Informationsübergang von Barcode auf Handscanner (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.1
Etikettieren – Auftrag erzeugen	Auslösung eines Versandauftrages nach Anbringung eines Auslagerbeleges an Gut	 Informationsübergang von Barcode auf Handscanner (z. B. Teilenummer, Menge und Zielort)	I 2.1
Etikettieren – Dokumentieren	Bestätigung der korrekten Anbringung eines Lieferscheins durch Abhaken der entsprechenden Position auf Versandliste	 Informationsübergang von Lieferschein auf WA-Mitarbeiter (z. B. Lieferscheinnummer)	I 1.1

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle     = Menschliche Schnittstelle

Tabelle 4-15: Typische logistische Schnittstellen nach dem Etikettieren

### 4.3.14 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Auftrag erzeugen

Die Auftragserzeugung nimmt die Rolle des Impulsgebers innerhalb einer Prozesskette ein, indem sie als Auslöser für eine Vielzahl an Logistikfunktionen dient. Jene werden allerdings häufig über Aufträge angestoßen, welche nach ihrer Erstellung zunächst systemseitig gespeichert und verarbeitet werden. Daher wird die Auftragserzeugung in vielen Fällen mit der Funktion des Dokumentierens gekoppelt, um zum Beispiel – wie im Falle von Abbildung 4-19 – einen Nachschubauftrag an ein übergeordnetes ERP-System zu übermitteln. Dieser kann anschließend in einen Kommissionierauftrag umgewandelt werden, wodurch der operative Versorgungsprozess für ein bestimmtes Bauteil eingeleitet wird.



**Abbildung 4-19: Zusammenhang zwischen einem Nachschub- und Kommissionierauftrag**

Ein weiteres gängiges Funktionspaar setzt sich zusammen aus einem Auftrag erzeugen und Buchen. Dieses tritt etwa bei der Leerung eines Behälters in einem Supermarkt in Erscheinung, welcher nach dem Zwei-Behälter-Prinzip gesteuert wird. Hierbei kann der leer gewordene Behälter zunächst die Generierung eines Nachschubauftrages erfordern, bevor in einem nächsten Schritt das zu kommissionierende Gut gebucht wird.

Alternativ kann das Buchen eines Gutes auch bereits vor der Auslösung des Nachschubauftrages erfolgen. In der Konstellation würde das Kommissionieren unmittelbar an die Auftragserzeugung anschließen.

Eine Kommissionierung findet in der Regel auf der Grundlage eines entsprechenden Auftrages statt. Jener kann beispielsweise in automatisierter Form generiert werden, während ein Gut einen definierten Meldepunkt im Materialfluss passiert. Die Funktion Auftrag erzeugen würde dann von einem Fördern begleitet werden.

Ganz ähnlich verhält es sich, sobald die Erstellung von Kommissionieraufträgen mit einem physischen Sammelprozess kombiniert wird. Die Güter würden sich in diesem Kontext nicht permanent auf einer einzelnen Förderstrecke fortbewegen, son-

den aus verschiedenen Linien – gemäß der Reihenfolge ihrer Auftragsvergabe – in einem Punkt zusammenlaufen.

Denkbar ist zudem der umgekehrte Weg, indem die Güter nach der Auftragsgenerierung gleichmäßig von einer Zuführstrecke auf mehrere Förderstränge verteilt werden. Sollte jedoch die Strangzuordnung typabhängig geschehen, so würde auf die Auftragserzeugung ein Sortieren folgen.

Eine häufige Auftragsart stellen ferner Versandaufträge dar, die etwa im System angelegt werden, bevor man die zugehörigen Güter im Warenausgangspuffer verpackt. Je nach Empfindlichkeit der Güter können unterschiedliche Verpackungsmaterialien zum Einsatz kommen.

Ein Versandauftrag kann gleichermaßen vor einer Warenausgangsprüfung erstellt werden. Die Art sowie der Umfang einer abschließenden Qualitätskontrolle können dabei güterspezifisch sein.

Darüber hinaus lässt sich in der Praxis die Paarung aus Auftrag erzeugen und Bearbeiten oftmals beobachten. So kann zum Beispiel von einem Mitarbeiter im Warenausgang zunächst ein Versandauftrag im System eingestellt werden, welcher danach durch das Personal im Versandbüro finalisiert wird.

Parallel zur Bearbeitung eines in die Wege geleiteten Versandauftrages fällt vielfach eine Wartezeit für das entsprechende Gut im Warenausgangspuffer an. Diese Situation lässt sich über die Verknüpfung der beiden Funktionen Auftrag erzeugen und Puffern abbilden.

Abschließend sei noch eine mögliche Kopplung von Auftrag erzeugen und Etikettieren erwähnt. Nach der Erteilung eines Versandauftrages könnte gegebenenfalls die Notwendigkeit bestehen, das betroffene Gut mit seinem individuellen Versandziel zu belegen. Als Informationsträger kann hierbei ein am Gut fixierter RFID-Transponder dienen.

Den dargelegten Funktionspaaren werden in Tabelle 4-16 jeweils typische Schnittstellen aus dem Logistikalltag zugeordnet.

## 4.3 Prozessschnittstellen zwischen Logistikfunktionen

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle		Ref.-Nr.
Auftrag erzeugen – Fördern	Automatische Auslösung eines Kommissionierauftrages bei Passieren eines definierten Meldepunktes durch Gut	X		
Auftrag erzeugen – Puffern	Mechanisierte Auslösung eines Versandauftrages mit anschließendem Verbleib des Gutes im Warenausgangspuffer	X		
Auftrag erzeugen – Sammeln	Automatische Auslösung eines Kommissionierauftrages vor fördertechnischer Zusammenführung von Gütern (gemäß der Reihenfolge ihrer Auftragsvergabe)	X		
Auftrag erzeugen – Verteilen	Automatische Auslösung eines Kommissionierauftrages vor gleichmäßiger Aufteilung von Gütern auf mehrere Förderstränge	X		
Auftrag erzeugen – Kommissionieren	Mechanisierte Auslösung eines Nachschubauftrages bei leerem Behälter vor Entnahme eines Gutes aus Supermarkt (bei Zwei-Behälter-Prinzip)		Übergang eines Bauteils von Pufferplatz im Supermarkt auf Kommissionierer	P 1.2
Auftrag erzeugen – Sortieren	Automatische Auslösung eines Kommissionierauftrages vor typabhängiger Aufteilung von Gütern auf mehrere Förderstränge		Informationsübergang von RFID-Transponder auf Schreib-/ Lesegerät in Fördertechnik (z. B. Gütertyp)	I 3.1
Auftrag erzeugen – Ver-/ Entpacken	Mechanisierte Auslösung eines Versandauftrages vor Verpackung der Güter im Warenausgangspuffer mit verschiedenen Materialien		Informationsübergang von VDA-Label auf WA-Mitarbeiter (z. B. Verpackungshinweis)	I 1.1
Auftrag erzeugen – Prüfen	Mechanisierte Auslösung eines Versandauftrages vor Warenausgangsprüfung		Informationsübergang von VDA-Label auf WA-Mitarbeiter (z. B. Gütertyp)	I 1.1
Auftrag erzeugen – Bearbeiten	Mechanisierte Auslösung eines Versandauftrages im Warenausgang mit anschließender Auftragsfinalisierung im Versandbüro		Indirekter Verantwortungsübergang von WA-Mitarbeiter auf Mitarbeiter im Versandbüro über Auftragungssystem als Transmitter	M 2.2
Auftrag erzeugen – Buchen	Mechanisierte Auslösung eines Nachschubauftrages bei leerem Behälter vor Teileausbuchung aus Supermarkt (bei Zwei-Behälter-Prinzip)		Informationsübergang von Barcode auf Handscanner (z. B. Teilenummer)	I 2.1
Auftrag erzeugen – Etikettieren	Automatische Auslösung eines Versandauftrages vor Beschreibung eines an einem Gut angebrachten RFID-Transponders		Informationsübergang von Schreib-/ Lesegerät auf RFID-Transponder (z. B. Versandziel)	I 3.1
Auftrag erzeugen – Dokumentieren	Speicherung eines erfassten Nachschubauftrages in einem ERP-System		Informationsübergang von Handscanner auf ERP-System (z. B. Teilenummer)	I 2.2

 = Physische Schnittstelle     = Informationelle Schnittstelle     = Menschliche Schnittstelle

Tabelle 4-16: Typische logistische Schnittstellen nach dem Auftrag erzeugen

### 4.3.15 Potentielle Logistikfunktionen nach dem Dokumentieren

Die Funktion des Dokumentierens in einer Logistikkette ist vielseitig und kann in unterschiedlichen Zusammenhängen auftreten. Grundsätzlich umfasst sie all jene Tätigkeiten, bei denen Informationen in irgendeiner Form festgehalten bzw. gespeichert werden. Das kann zum einen geschehen, indem Daten auf Papier notiert oder per Tastatur in einen Rechner eingegeben werden. Andererseits beschreibt das Dokumentieren auch das Ablegen von Daten im Speicher eines Rechners. Ein erster Prozess, der gerade im Wareneingang häufig in Verbindung mit dem Dokumentieren in Erscheinung tritt, ist das Fördern. So wird ein Gut zumeist erst dann ins Lager gefahren, nachdem der Frachtbrief von Seiten des Warenempfängers unterzeichnet wurde.

Ebenfalls denkbar wäre, dass vor der physischen Einlagerung des Gutes zunächst noch eine Wareneingangsbuchung erfolgt. Bei diesem Szenario würde das Dokumentieren mit einem Buchen verknüpft werden.

Häufig zu beobachten ist im Wareneingang auch die Paarung der beiden Funktionen Dokumentieren und Entpacken. Hierbei würde zum Beispiel als erstes der Empfang eines Gutes durch das Quittieren des Frachtbriefes bestätigt werden, bevor dessen Verpackung in einem nächsten Schritt geöffnet wird.

Das Unterschreiben eines Frachtbriefes geschieht ferner im Warenausgang vor der Abfahrt eines beladenen Lkw, indem sowohl durch den Warenabsender als auch den Frachtführer die Übergabe von Gütern schriftlich belegt wird. Das resultierende Funktionspaar setzt sich aus einem Dokumentieren und Transportieren zusammen.

Die Erstellung eines Frachtbriefes basiert in der Regel auf Lieferdaten, die in einem ERP-System hinterlegt sind. Jene werden im Rahmen einer zweistufigen Informationsübertragung zuerst an einen angeschlossenen Drucker gesendet. Dort findet schließlich eine Umwandlung der elektronischen Daten in einen Papierausdruck statt. Da ein Frachtbrief als Transportauftrag fungiert, liegt dem geschilderten Ablauf eine Kopplung der beiden Funktionen Dokumentieren und Auftrag erzeugen zugrunde.

Die Übermittlung von Systemdaten nimmt auch eine immer wichtigere Rolle in der Produktionslogistik ein. Mittlerweile werden im innerbetrieblichen Güterverkehr vermehrt papiergebundene Auftragslisten durch elektronische Transportaufträge ersetzt. Die darin enthaltenen Informationen werden einem Staplerfahrer beispielsweise über ein entsprechendes Terminal im Stapler zur Verfügung gestellt. Bei der Kombination aus Dokumentieren und Sortieren können auf dieser Grundlage unterschiedliche Gütertypen an explizit vorgegebene Produktionsorte geliefert werden.

Das gleiche Informationsflusskonzept kann angewandt werden, wenn das Dokumentieren mit einem Verteilen in Verbindung steht. Allerdings werden die Güter in diesem Fall bei der Bereitstellung nicht unterschieden.

Möglich ist ebenso die Koordination eines Sammelvorganges mit Hilfe eines übergeordneten ERP-Systems. Exemplarisch sei das Zusammenführen von fertiggestellten Gütern gleichen Typs aus mehreren parallelen Produktionsorten genannt. Der als nächstes anzufahrende Zielort würde jeweils auf dem Display des zuständigen Staplerfahrers erscheinen.

Eine Arbeitsweise auf Basis von elektronischen Aufträgen hat sich auch in der Kommissionierung etabliert. Demnach werden beim Funktionspaar aus Dokumentieren und Kommissionieren die einzelnen Entnahmeanträge sukzessive von ei-

nem ERP-System zum Beispiel auf einen mobilen Handscanner übertragen (siehe Abbildung 4-19).

Bei manuellen Arbeitsplätzen, die mit einem Bildschirm ausgestattet sind, liegt oftmals eine Verknüpfung von Dokumentieren und Bearbeiten vor. Dadurch kann eine Visualisierung von Systeminformationen für den Werker abgebildet werden. Unter anderem kann es hilfreich sein, typspezifische Arbeitsanweisungen über einen Bildschirm anzuzeigen.

Selbiges gilt für die Kombination aus Dokumentieren und Prüfen. In diesem Fall kann die Darstellung der durchzuführenden Prüfschritte auf einem Bildschirm den Prozessablauf erleichtern. Das ist gerade bei einer Vielzahl von Gütervarianten und entsprechend unterschiedlichen Prüfumfängen von Vorteil.

Bevor eine Information in einem System abgelegt werden kann, muss sie dorthin zunächst einmal gelangen. Das kann etwa über eine manuelle Tastatureingabe erfolgen. Im Rahmen einer Nacharbeit kann es beispielsweise erforderlich sein, die an einem Gut vollzogenen Tätigkeiten zur späteren Nachvollziehbarkeit systemseitig zu erfassen und abzuspeichern. Somit ergeben sich zwei aufeinander folgende Dokumentiervorgänge. Diese resultieren ebenso, wenn zwei unterschiedliche IT-Systeme miteinander kommunizieren. Als exemplarisch hierfür gilt die Übermittlung eines Bestellauftrages aus dem ERP-System des Kunden an jenes auf Lieferantenseite.

Allerdings müssen Daten nicht zwingend immer in einem IT-System festgehalten werden. In manchen Situationen erscheint das Erfassen von Informationen auf Papier nach wie vor als praktikable Lösung. Bei der Paarung von Dokumentieren und Puffern können zum Beispiel sämtliche Güter in eine Versandliste eingetragen werden, welche sich aktuell auf einer Warenausgangsfläche befinden. Im Anschluss daran kann ein entsprechender Lieferschein erstellt und parallel dazu die Verpackung der Güter angestoßen werden.

Eine ähnliche Situation kann durch die Verknüpfung von Dokumentieren und Lagern hervorgerufen werden. Jene tritt etwa in Erscheinung, wenn bestimmte Güter im Lager als Altbestände auf eine Verschrottungsliste gesetzt werden. Die betroffenen Güter verbleiben danach noch bis zum Zeitpunkt ihrer Vernichtung im Lager.

Nicht zuletzt sei mit dem Etikettieren eine weitere Funktion genannt, die auf ein Dokumentieren folgen kann. Einen klassischen Anwendungsfall hierfür stellt die Be-

## 4 Schlanke Prozessschnittstellen in automobilen Logistikketten

schriftung eines VDA-Labels mit Daten aus einem ERP-System dar, ehe jenes an einem Gut angebracht werden kann. Der Informationstransfer von einem IT-System auf Papier geschieht dabei mit Hilfe eines Druckers.

Zu den beschriebenen Funktionspaaren werden in Tabelle 4-17 noch exemplarische Schnittstellen ergänzt.

Funktionspaar	Beispiel für Funktionspaar	Typische Schnittstelle	Ref.-Nr.
Dokumentieren – Transportieren	Unterzeichnung des Frachtbriefes durch Warenabsender und Frachtführer vor Lkw-Abfahrt	Direkter Verantwortungsübergang von Warenabsender auf Frachtführer bei Güterübergabe bzw. Unterzeichnung des Frachtbriefes	M 1.1
Dokumentieren – Fördern	Unterzeichnung des Frachtbriefes durch Warenempfänger mit anschließender Einlagerung des Gutes	Übergang einer Palette von Pufferplatz auf Stapler	P 2.4
Dokumentieren – Puffern	Manuelle Erfassung aller auf einer Versandfläche bereitgestellten Güter in Versandliste zur Erstellung des Lieferscheins	Direkter Verantwortungsübergang von WA-Mitarbeiter auf Verpacker per Telefon	M 1.3
Dokumentieren – Lagern	Manuelle Erfassung bestimmter Güter im Lager als Altbestände über eine Verschrottungsliste	Direkter Verantwortungsübergang von Disponent auf Lagerist bei Versand der Verschrottungsliste per E-Mail	M 1.4
Dokumentieren – Sammeln	Sammlung typgleicher Güter aus mehreren Produktionsorten gemäß elektronischer Transportaufträge	Informationsübergang von ERP-System auf Staplerterminal (z. B. Produktionsort)	I 2.2
Dokumentieren – Verteilen	Bereitstellung typgleicher Güter an mehreren Produktionsorten gemäß elektronischer Transportaufträge	Informationsübergang von ERP-System auf Staplerterminal (z. B. Produktionsort)	I 2.2
Dokumentieren – Kommissionieren	Entnahme eines Gutes gemäß elektronischem Kommissionierauftrag	Informationsübergang von ERP-System auf Handschanner (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.2
Dokumentieren – Sortieren	Typabhängige Aufteilung von Gütern auf mehrere Produktionsorte gemäß elektronischer Transportaufträge	Informationsübergang von ERP-System auf Staplerterminal (z. B. Teilenummer und Produktionsort)	I 2.2
Dokumentieren – Ver-/ Entpacken	Unterzeichnung des Frachtbriefes durch Warenempfänger mit anschließender Öffnung der Güterverpackung	Direkter Verantwortungsübergang von Frachtführer auf Warenempfänger bei Güterübergabe bzw. Unterzeichnung des Frachtbriefes	M 1.1
Dokumentieren – Prüfen	Anzeige von typspezifischen Prüfanweisungen auf Bildschirm	Informationsübergang von ERP-System auf Bildschirm (z. B. Prüfanweisung)	I 2.2
Dokumentieren – Bearbeiten	Anzeige von typspezifischen Arbeitsanweisungen auf Bildschirm	Informationsübergang von ERP-System auf Bildschirm (z. B. Arbeitsanweisung)	I 2.2
Dokumentieren – Buchen	Unterzeichnung des Frachtbriefes durch Warenempfänger mit anschließender Wareneingangsbuchung	Informationsübergang von Barcode auf Handschanner (z. B. Teilenummer und Menge)	I 2.1
Dokumentieren – Etikettieren	Beschriftung eines VDA-Labels auf Basis von Stammdaten aus ERP-System vor dessen Anbringung an Gut	Informationsübergang von ERP-System auf Drucker (z. B. Teilenummer und Zielort)	I 2.2
		Informationsübergang von Drucker auf VDA-Label (z. B. Teilenummer und Zielort)	I 2.3
Dokumentieren – Auftrag erzeugen	Erstellung eines Frachtbriefes (als Transportauftrag) auf Basis von im ERP-System hinterlegten Lieferdaten	Informationsübergang von ERP-System auf Drucker (z. B. Teilenummern und Stückzahlen der Güter)	I 2.2
		Informationsübergang von Drucker auf Frachtbrief (z. B. Teilenummern und Stückzahlen der Güter)	I 2.3
Dokumentieren – Dokumentieren	Manuelle Eingabe in ein ERP-System zur Speicherung von Nacharbeitstätigkeiten an einem Gut	Informationsübergang von Werker auf Tastatur (z. B. Nacharbeitstätigkeit)	I 1.2
		Informationsübergang von Tastatur auf ERP-System (z. B. Nacharbeitstätigkeit)	I 2.2
	Datenkommunikation zwischen zwei unterschiedlichen ERP-Systemen	Informationsübergang von ERP-System des Kunden auf ERP-System des Lieferanten (z. B. Bestellauftrag)	I 3.2

= Physische Schnittstelle    = Informationelle Schnittstelle    = Menschliche Schnittstelle

Tabelle 4-17: Typische logistische Schnittstellen nach dem Dokumentieren

### 4.4 Prozessschnittstelle versus Schnittstellenprozess

Eine Prozessschnittstelle stellt lediglich das unmittelbare Verbindungsstück zwischen zwei Logistikfunktionen dar. Um jedoch einen Material- oder Informations-

fluss dazwischen realisieren zu können, muss ein erweiterter Prozess angestoßen werden, welcher in der Literatur häufig als Umschlagvorgang oder Schnittstellenprozess bezeichnet wird. Beide Begrifflichkeiten weisen allerdings unterschiedliche Betrachtungsumfänge auf, die es im Folgenden herauszustellen gilt.

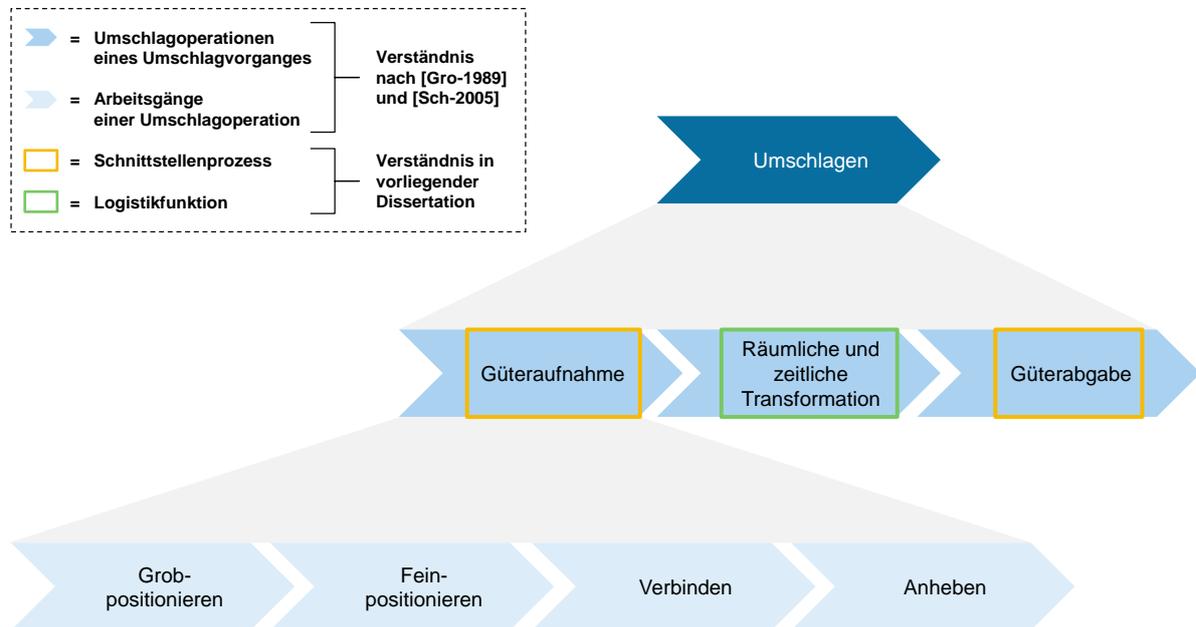
Das Deutsche Institut für Normung (DIN) definiert das Umschlagen als „Gesamtheit der Förder- und Lagervorgänge beim Übergang der Güter auf ein Transportmittel, beim Abgang der Güter von einem Transportmittel und wenn Güter das Transportmittel wechseln“ [DIN-1989b, S. 3].

Jünemann und Schmidt verallgemeinern diese Definition, indem sie nicht den Begriff des Transportmittels verwenden, sondern stattdessen von Arbeitsmitteln sprechen, zwischen denen Güter transferiert werden. Sie sehen dabei immer ein Arbeitsmittel in der aktiven Rolle. Bei der Kopplung von zwei passiven Arbeitsmitteln wird der Einsatz eines dritten, aktiven Arbeitsmittels erforderlich. Jenes ist dadurch gekennzeichnet, dass es das Aufnehmen bzw. Abgeben der Güter selbst ausführt, anderenfalls liegt ein passives Arbeitsmittel vor. Eine unmittelbare Verknüpfung von zwei Arbeitsmitteln ist demzufolge nur möglich, wenn eines der beiden eine aktive Funktion einnimmt, was durch folgende Effekte geschehen kann:

- Ausnutzung von Druck-, Trägheits- oder Gewichtskraft
- Eigene Antriebskraft der Güter
- Lastaufnahmemittel (zum Beispiel Hubeinrichtung) bei einem Arbeitsmittel ([Gro-1989, S. 51], [Jün-2000, S. 266ff.] )

Ein Umschlagvorgang umfasst die Operationen Aufnahme, örtliche und zeitliche Veränderung sowie Abgabe von Gütern. Klassische Beispiele hierfür sind Belade-, Entlade-, Einlager- und Auslagerprozesse. Die einzelnen Umschlagoperationen lassen sich ihrerseits wiederum auf mikroskopischer Ebene in mehrere Arbeitsgänge untergliedern. Hierzu zählen bei der Lastaufnahme bzw. -abgabe neben dem Grob- und Feinpositionieren der Güteraufnahmevorrichtung ebenso das Verbinden und Trennen dieser mit bzw. von den Gütern sowie das Be- und Entlasten des Arbeitsmittels beim Anheben bzw. Absenken. Die Durchführung der einzelnen Arbeitsgänge ist zeitaufwändig. In den 80er Jahren lag deren Zeitanteil an der Dauer eines Umschlagvorganges im Mittel bei 20 Prozent. Zudem erweisen sich derartige Tätigkeiten teilweise als personalintensiv, wenn beispielsweise das Feinpositionieren oder das Wechseln von Lastaufnahmemitteln zusätzliche Arbeitskräfte erfor-

den. Die Zusammensetzung eines Umschlagvorganges aus seinen Einzelementen wird in Abbildung 4-20 nochmals aufgezeigt.



**Abbildung 4-20: Elemente eines Umschlagvorganges**

Umschlagoperationen treten sowohl im inner- als auch außerbetrieblichen Materialfluss sowie an deren Übergängen auf. Nachfolgend sind einige exemplarische Operationen aufgelistet:

- Abgabe eines Gutes auf einer Palette durch einen Roboter (Palettieren)
- Abgabe einer Palette im Hochregallager durch ein Regalbediengerät
- Aufnahme eines Gutes von einem Bereitstellplatz durch einen Stapler
- Aufnahme eines Containers von einem Tragwagen durch einen Kran ([Gro-1989, S. 114ff.], [Sch-2005, S. 213f.] )

Im Bereich der Produktentwicklung spricht Stöckert nicht von Umschlagvorgängen, sondern verwendet alternativ den Begriff des Schnittstellenprozesses. Darunter versteht er einen „Prozess, der über eine Schnittstelle verläuft und somit zwei Systeme verbindet, wobei beide Systemgrenzen überschritten werden“ [Stö-2011, S. 17]. Als dessen Aufgabe wird das korrekte Übergeben von Ergebnissen von einem Prozess an den nächsten angesehen. Hierbei gilt es die Anforderungen des Nachfolgeprozesses an den Vorgängerprozess zu beachten ([Sta-2009, S. 468], [Stö-2011, S. 17]).

Um zwei Systeme vollumfänglich miteinander verbinden zu können, ist nach Ansicht von Stöckert mindestens ein Schnittstellenpaar von Nöten. Hiermit lassen sich sowohl der Export des zu übertragenden Mediums aus dem ersten System sowie dessen Import in das zweite System abbilden. In den meisten Fällen existiert neben dem Hin- auch noch ein Rückfluss, so dass es eines zweiten Schnittstellenpaares bedarf [Stö-2011, S. 13f.]. Kuhn spricht in diesem Kontext von einem Austauschvorgang, indem zwischen zwei Prozessen nicht nur Materialien, sondern auch Informationen transferiert werden (siehe Kapitel 2.2.2). Jeder der beteiligten Prozesse tritt hierbei sowohl als Kunde als auch Lieferant auf [Kuh-1995, S. 39].

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird der Begriff des Schnittstellenprozesses aufgegriffen und verwendet, wenn Güter, Informationen oder Verantwortlichkeiten zwischen zwei Logistikfunktionen über die entsprechenden Prozessschnittstellen übertragen werden. Während Letztere lediglich den Zeitpunkt der unmittelbaren Übergabe darstellen, umfassen Schnittstellenprozesse darüber hinaus sämtliche Handlungsschritte, die zur Vor- und Nachbereitung der Übergabe notwendig sind. Schnittstellenprozesse nach dem Verständnis dieser Arbeit können also mit denjenigen Umschlagoperationen aus Abbildung 4-20 verglichen werden, bei denen Güter aufgenommen oder abgegeben werden. Die räumliche und zeitliche Transformation von Gütern zwischen der Aufnahme an einer Quelle und der Abgabe an einer Senke gilt hingegen im Rahmen der Dissertation weder als separater Schnittstellenprozess noch als Bestandteil eines solchen. Stattdessen wird diese Transformation als eigene Logistikfunktion interpretiert. Bei einem Entladeprozess im Wareneingang wären demzufolge die Aufnahme einer Palette von einer Lkw-Ladefläche sowie deren anschließende Abgabe in einer Pufferzone als zwei Schnittstellenprozesse anzusehen. Eine dazwischen stattfindende Staplerfahrt würde als Fördervorgang betrachtet werden. Die Verknüpfung von logistischen Prozessen kann parallel mehrere verschiedenartige Schnittstellenprozesse erfordern. In der maximalen Ausprägungsform findet neben einer Material- und Informationsübertragung zusätzlich noch ein personeller Verantwortungsübergang statt. In Abbildung 4-21 wird der Zusammenhang zwischen einer Prozessschnittstelle und einem Schnittstellenprozess nochmals grafisch verdeutlicht.

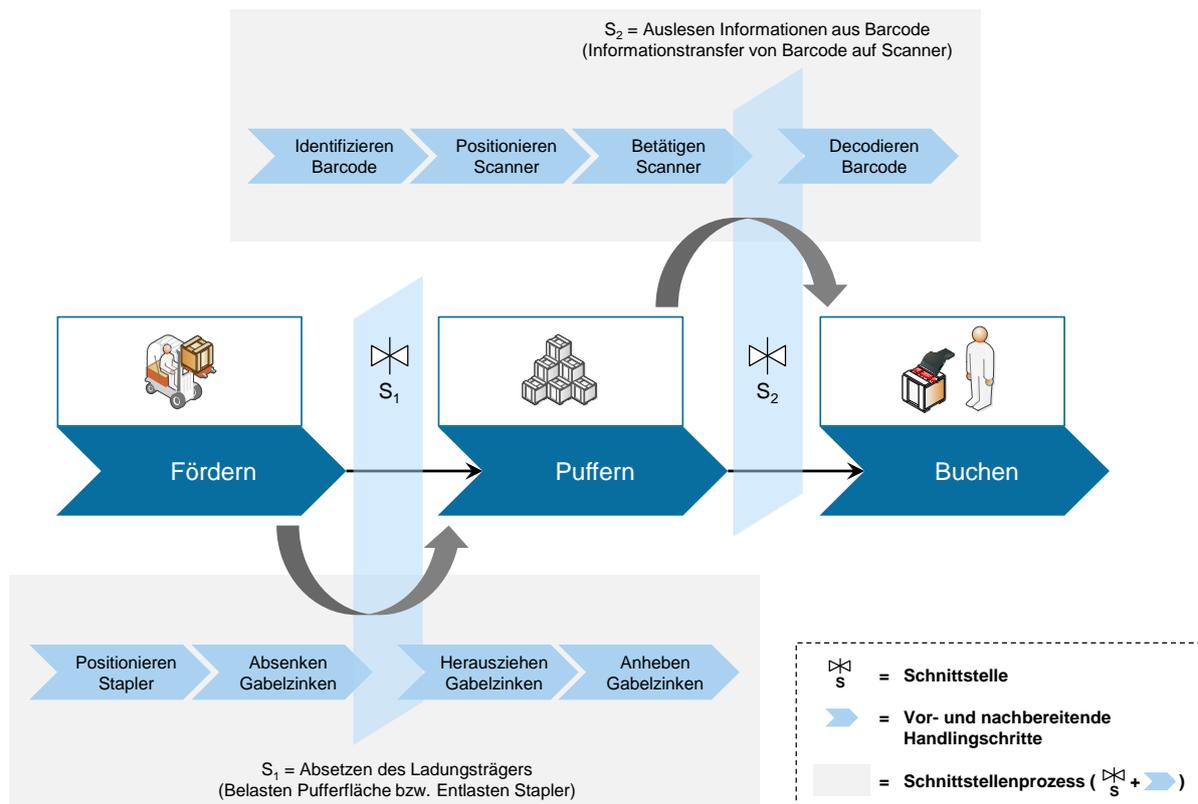


Abbildung 4-21: Zusammenhang zwischen Prozessschnittstelle und Schnittstellenprozess

### 4.5 Definition eines schlanken Schnittstellenprozesses

Die Fülle an Schnittstellen, welche im Verlauf eines Wertschöpfungsprozesses auftreten, verdeutlicht deren große Bedeutung im Rahmen einer ganzheitlich schlanken Gestaltung von Logistikketten. Ein Gesamtoptimum mit fließenden Prozessen und kurzen Durchlaufzeiten kann nur erreicht werden, sobald der Betrachtungsgegenstand ausgeweitet wird und neben den Prozessen auch die Schnittstellen als gleichwertige Elemente bei der Planung von Material- und Informationsströmen berücksichtigt werden. Einer der Begründer des Toyota-Produktionssystems, Taiichi Ohno, vergleicht das Arbeitsleben mit einem Staffellauf, bei dem der Stab kontinuierlich von einem auf den nächsten Bereich weitergereicht wird. Hierbei kommt er zu folgendem Entschluss: „Geht die Übergabe glatt vonstatten, kann die Gesamtzeit besser sein, als sie aufgrund der einzelnen Zeiten der vier Läufer zu erwarten gewesen wäre“ [Ohn-2009, S. 58]. Diese Aussage lässt im Umkehrschluss die Interpretation zu, dass trotz schneller Prozesse eine ungenügende Gesamtdurchlaufzeit resultieren kann, wenn der Stab – im Sinne eines Gutes, einer Information oder einer Verantwortung – an den Schnittstellen nicht optimal übergeben wurde. Daher ist es essentiell, schlanke Abläufe gleichermaßen bei den Schnittstellenprozessen

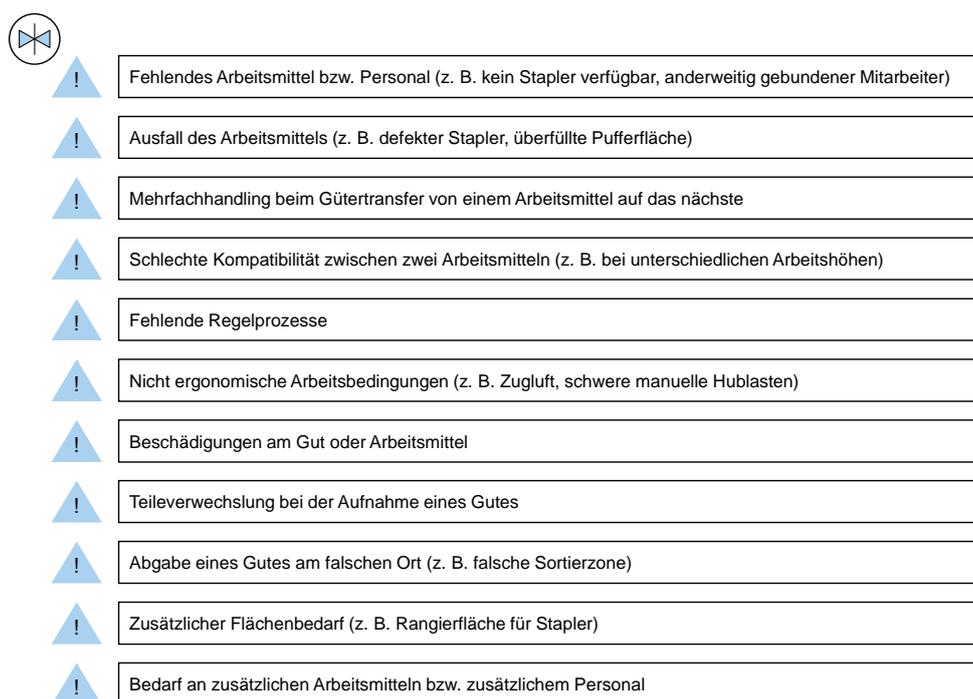
sicherzustellen und dort jegliche Form von Verschwendung konsequent zu eliminieren.

Die Probleme, welche an Schnittstellen entstehen können, sind vielfältig. Klug zum Beispiel bringt Schnittstellen mit Wartezeiten und einem Ressourcenmehraufwand in Verbindung. Aus diesem Grund plädiert er für eine schnittstellenreduzierte und durchgängige Logistik [Klu-2010, S. 259]. Pfeiffer und Weiss äußern sich in ähnlicher Weise und sehen in jeder Schnittstelle zusätzlich Informationsverluste [Pfe-1994, S. 110]. Auch Großmann et al. betonen die sehr hohen Zeitanteile insbesondere beim Aufnehmen und Abgeben von Gütern. Sie sehen darin einen wichtigen Ansatzpunkt für eine Rationalisierung [Gro-1989, S. 114]. In den folgenden drei Abschnitten werden zunächst konkrete Verschwendungspotentiale aufgezeigt, die sich im Zusammenhang mit physischen, informationellen und menschlichen Schnittstellen in der Praxis beobachten lassen. Auf deren Grundlage werden anschließend die Merkmale eines schlanken Schnittstellenprozesses abgeleitet.

### **4.5.1 Verschwendungspotentiale bei physischen Schnittstellen**

Das Auftreten einer physischen Schnittstelle entlang einer Logistikkette ist zumeist mit einer Unterbrechung des Materialflusses verbunden. Die Ursachen hierfür können vielfältig sein, beginnend bei der Nicht-Verfügbarkeit von Arbeitsmitteln und Mitarbeitern. So kann ein Lkw nicht unmittelbar entladen werden, wenn zu diesem Zeitpunkt kein Stapler oder entsprechend autorisiertes Personal zu dessen Bedienung vorhanden ist. Der Entladeprozess verzögert sich ebenso, wenn das dazu vorgesehene Arbeitsmittel ausfällt zum Beispiel aufgrund eines technischen Defektes. Gleichermäßen stellt eine überfüllte Pufferfläche ein Arbeitsmittel dar, welches durch das Überschreiten seiner Aufnahmekapazität für den Moment nicht nutzbar ist. Selbst bei voller Einsatzfähigkeit aller relevanten Ressourcen können Unzulänglichkeiten bei der Ausführung eines Schnittstellenprozesses, die sich oftmals in vielen – unter Umständen komplizierten – Handlungsschritten widerspiegeln, zu einer Verlängerung der Durchlaufzeit führen. Das Gleiche geschieht, sobald ein Schnittstellenprozess mehrmals zyklisch durchlaufen werden muss, um etwa ein Transportlos vollständig an den nächsten Prozess zu übergeben. Eine Lkw-Entladung erfordert in der Regel eine Vielzahl an Staplerspielen, bevor die gesamte Gütermenge das Transportmittel verlassen hat. Ferner sind die Arbeitsmittel, welche an einem Gütertransfer beteiligt sind, nicht immer optimal aufeinander abgestimmt. Zu überwindende Höhendifferenzen zwischen einer Lkw-Ladefläche und einer Verloaderampe, auf der sich der Stapler befindet, erweisen sich zum Beispiel als nachtei-

lig in Bezug auf die Dauer der Verladearbeiten. In der betrieblichen Praxis wird häufig auch darauf verzichtet, bestimmte Regeln und Standardvorgaben für die Abwicklung von Schnittstellenprozessen zu definieren. Daraus resultieren zum Teil beträchtliche Leistungsschwankungen im Hinblick auf die Prozessgeschwindigkeit und -qualität, die den individuellen Arbeitsweisen der Mitarbeiter geschuldet sind. Negative Auswirkungen auf die Güte einer Prozessdurchführung können darüber hinaus nicht ergonomische Arbeitsbedingungen haben. Gerade Staplerfahrer sind bei Be- und Entladetätigkeiten häufig einer Zugluft oder starken Vibrationen während der Fahrt ausgesetzt. Die Übergabe eines Gutes entlang einer Prozesskette birgt außerdem stets die Gefahr von Beschädigungen, die entweder an der Ware selbst oder den eingesetzten Arbeitsmitteln entstehen können. Je öfter ein Artikel im Laufe der Wertschöpfung angefasst wird, desto höher ist auch das Risiko von auftretenden Schadensfällen. Nicht zu vernachlässigen ist zudem der Aspekt, dass jede Schnittstelle ein gewisses Fehlerpotential beinhaltet. So kann etwa das falsche Gut aufgrund einer Verwechslung aufgenommen und transferiert werden. Ebenso ist es denkbar, innerhalb eines manuellen Sortiervorganges eine Ware in einer falschen Zone abzugeben. Je nachdem, ob und wann der Fehler bemerkt wird, können sich mitunter gravierende Konsequenzen ergeben. Weiterhin gehen physische Schnittstellenprozesse in vielen Fällen mit einer eigens hierfür vorgesehenen Fläche einher. Ein Staplereinsatz ist beispielsweise nur in Bereichen möglich, in denen eine ausreichende Rangierfläche vorhanden ist. Nicht zuletzt kann das Überwechseln eines Gutes an einer Schnittstelle weitere Ressourcen in Form von zusätzlichen Arbeitsmitteln und Mitarbeitern erfordern. Deren Bedarf entsteht unter anderem, wenn zwei passive Arbeitsmittel miteinander gekoppelt werden müssen. Exemplarisch sei wiederum der Stapler als Bindeglied zwischen einem Lkw und einer Pufferfläche im Wareneingang oder -ausgang genannt. In Abbildung 4-22 werden die geschilderten Problempunkte nochmals zusammengefasst.

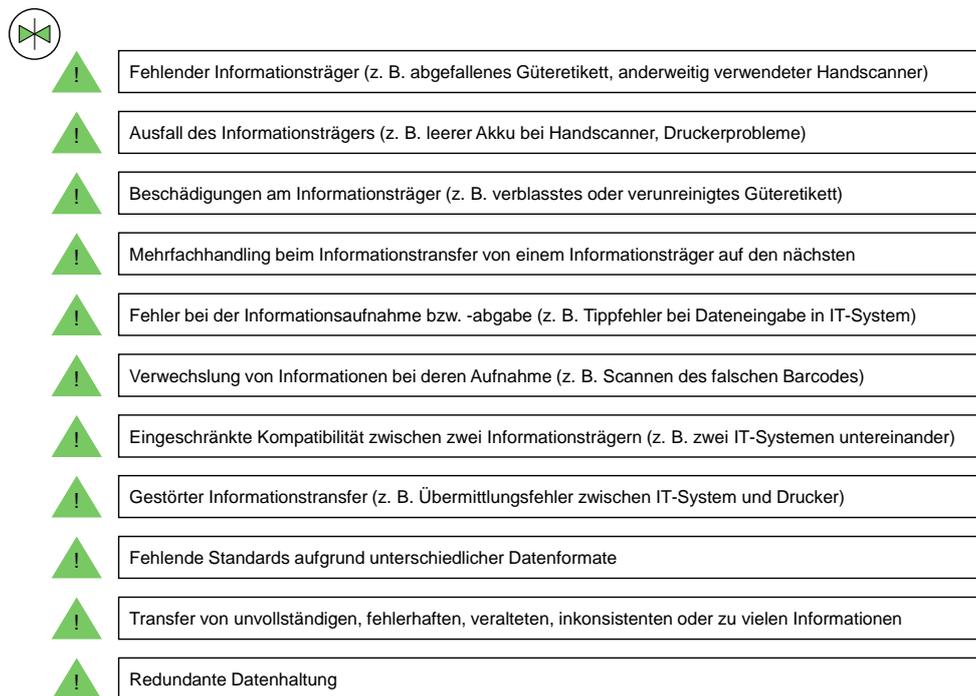


**Abbildung 4-22: Beispielhafte Probleme bei physischen Schnittstellenprozessen**

### 4.5.2 Verschwendungspotentiale bei informationellen Schnittstellen

In Analogie zu physischen Schnittstellen führt die Existenz von informationellen Schnittstellen nicht selten zu einer Unterbrechung des Informationsflusses. Eine Information wird in ihrer Weiterleitung behindert, wenn etwa ein Informationsträger nicht vorhanden ist. So kann ein Buchungsvorgang nicht unverzüglich ausgeführt werden, wenn das Güteretikett mit dem darauf platzierten Barcode auf der einen oder der Handscanner auf der anderen Seite fehlen. Gleiches gilt, sobald die benötigten Informationsträger zwar zur Verfügung stehen, aber nicht funktionsfähig sind. Ein leerer Akku bei einem mobilen Scanner verzögert den Informationsfluss genauso wie Probleme beim Ausdrucken digital vorliegender Daten aufgrund eines Papierstaus, fehlendem Papier oder einer leeren Druckerpatrone. Erschwert wird ein Informationstransfer zudem durch Beschädigungen am Informationsträger. Ein verblasstes oder verunreinigtes Güteretikett kann Probleme bereiten beim Auslesen der relevanten Daten. Ein rascher Schnittstellenprozess ist oftmals auch nicht gewährleistet, wenn zahlreiche Arbeitsschritte erforderlich sind. Eine manuelle systemseitige Erfassung von papiergebundenen Daten ist durch ihre Vielzahl an Eingabeparametern häufig nicht nur aufwändig, sondern gleichermaßen fehleranfällig. Sowohl Rechtschreibfehler beim Eintippen als auch Fehler beim Ablesen einer In-

formation können negative Erscheinungen eines Medienbruches entlang einer Logistikkette sein. Ebenso besteht die Möglichkeit einer Verwechslung von Informationen. Infolge einer unübersichtlichen Anordnung verschiedener Barcodes auf einem Güteretikett kann beispielsweise der falsche Barcode gescannt werden. Des Weiteren ist eine informationelle Schnittstelle in manchen Fällen mit Informationsverlusten verbunden. Ein Auslöser hierfür können Informationsträger sein, deren Kompatibilität zueinander eingeschränkt ist. Zum Beispiel können zwei IT-Systeme nicht optimal miteinander harmonieren, so dass bei deren Kommunikation Daten verloren gehen. Ebenso können Informationen auf einem Güteretikett in einer zu kleinen Schriftgröße hinterlegt sein, weshalb sie von einigen Mitarbeitern nicht erfasst werden können. Ein weiterer Grund, warum Informationen nicht bzw. nicht vollständig transferiert werden, liegt in Übertragungsstörungen. Aus einer instabilen WLAN-Verbindung können etwa Übermittlungsfehler zwischen einem IT-System und einem Drucker resultieren. Informationsverluste sind ferner der Tatsache geschuldet, dass es speziell im Bereich der Informatik oftmals noch an Standards mangelt. Das Ergebnis sind unterschiedliche Datenformate, welche eine Konvertierung erfordern, um eine weitere Bearbeitung zu ermöglichen. Die Umwandlung in ein neues Datenformat kann unter Umständen verlustbehaftet ablaufen. Eine grundlegende Frage, die sich bei jedem informationellen Schnittstellenprozess stellt, bezieht sich auf die Qualität der übergehenden Informationen. Nicht selten sind diese unvollständig, fehlerhaft, veraltet oder inkonsistent. Gleichermaßen erweist sich eine Informationsflut mit vielen irrelevanten Daten als problematisch. Als letztes Verschwendungspotential lässt sich eine redundante Datenhaltung anführen. Wenn dieselbe Information nach deren Erhalt an mehreren Stellen einzupflegen ist, so bedeutet das einen erhöhten Aufwand. In Abbildung 4-23 werden die aufgezeigten Schnittstellenverluste in einer Übersicht nochmals dargestellt.

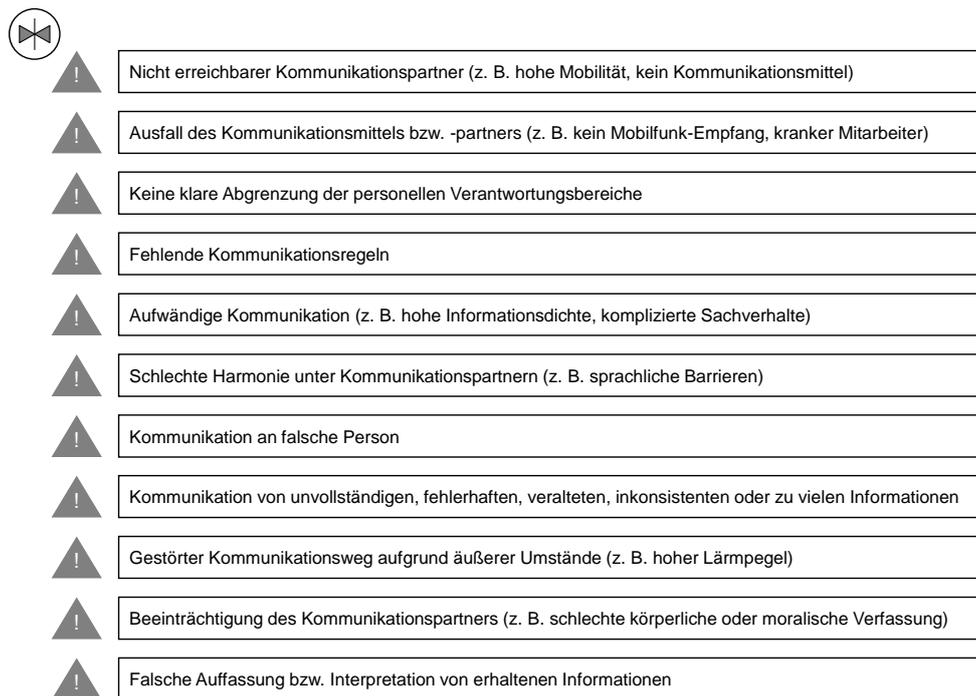


**Abbildung 4-23: Beispielhafte Probleme bei informationellen Schnittstellenprozessen**

### 4.5.3 Verschwendungspotentiale bei menschlichen Schnittstellen

Jeder personelle Verantwortungsübergang in einer Wertschöpfungskette bedingt in der Regel auch einen Informationstransfer über verschiedenste Formen von Kommunikation. Um kurze Prozessdurchlaufzeiten zu erreichen, bedarf es einer raschen Kommunikation. Diese ist nicht gewährleistet, sobald diejenige Person, an welche Informationen übertragen werden sollen, persönlich nicht anzutreffen ist zum Zeitpunkt der Verantwortungsübergabe, weil sie zum Beispiel sehr mobil ist. Verfügt der betroffene Mitarbeiter zudem über kein Kommunikationsmittel, so wird seine Erreichbarkeit zusätzlich erschwert. Die Material- und Informationsströme kommen ebenso zum Erliegen, wenn Kommunikationsmittel zwar prinzipiell verfügbar sind, aber beispielsweise aufgrund eines mangelnden Mobilfunk-Empfanges aktuell nicht genutzt werden können. Neben dem technischen Equipment kann gleichermaßen der relevante Kommunikationspartner krankheitsbedingt ausfallen, was zu einer vorübergehenden Flussunterbrechung führen kann. Jene entsteht in der Praxis nicht selten auch deswegen, weil die personellen Verantwortungsbereiche nicht eindeutig voneinander abgegrenzt sind. Somit ist häufig unklar, wer zur Ausführung des nächsten Prozesses verpflichtet ist. Liegezeiten ergeben sich außerdem, wenn es an Kommunikationsregeln mangelt. Es ist vielfach nicht geklärt, ob ein Hol- oder Bringprinzip beim Informationstransfer vorliegt. Sollte hingegen

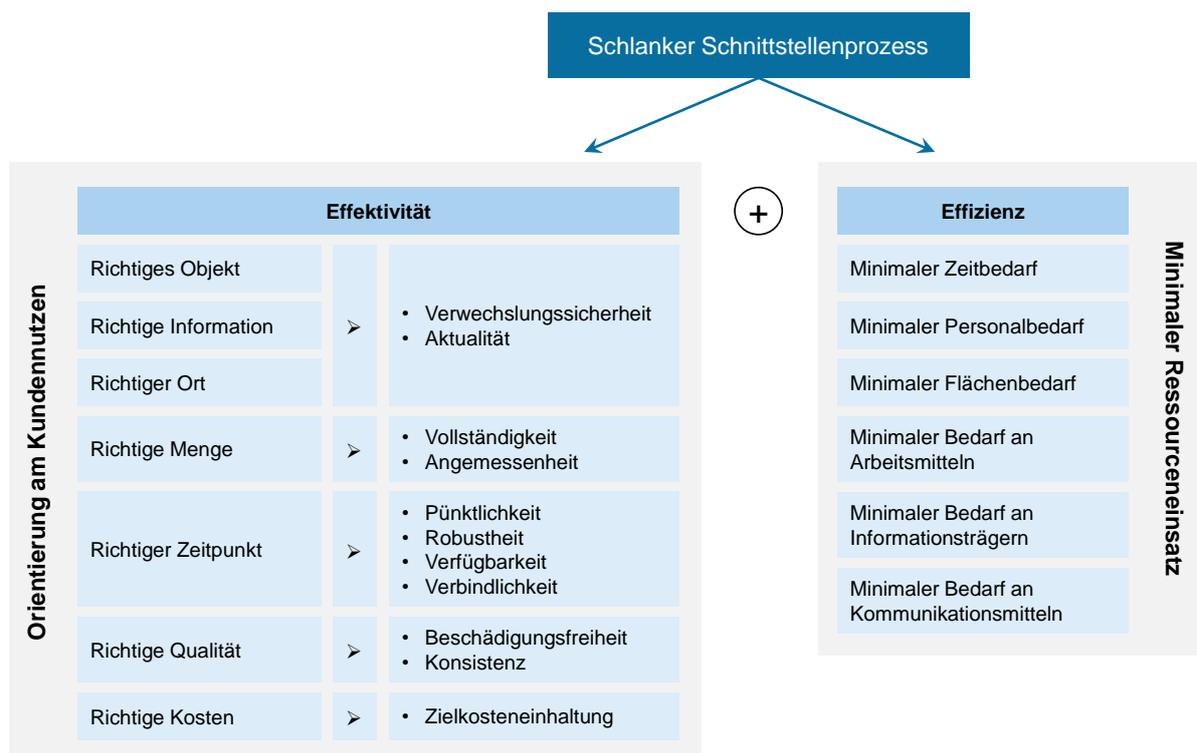
eine umgehende Kommunikation zustande kommen, so lassen sich Verzögerungen dennoch nicht pauschal ausschließen. Zum einen kann sich ein Informationsübergang als durchaus aufwändig erweisen, wenn die zu übermittelnde Informationsmenge entweder sehr hoch ist oder die Sachverhalte kompliziert darzulegen sind. Auf der anderen Seite ist nicht immer davon auszugehen, dass die Kommunikationspartner in optimaler Weise miteinander harmonisieren. Als potentielle Ursachen hierfür seien sprachliche Barrieren, kulturelle Unterschiede oder zwischenmenschliche Probleme unter den beteiligten Personen genannt. Gerade bei neuen, unerfahrenen Mitarbeitern kann es darüber hinaus im Rahmen eines Verantwortungswechsels vorkommen, dass zunächst die falsche Person benachrichtigt wird. Auch in diesem Fall ergeben sich Zeitverluste. Daneben besteht bei menschlichen Schnittstellen – analog zu den informationellen – stets die Gefahr, dass unvollständige, fehlerhafte, veraltete oder inkonsistente Informationen kommuniziert werden. Auch eine Informationsüberflutung mit vielen unwesentlichen Details gilt bei einem menschlichen Schnittstellenprozess als Verschwendung. Selbst bei einer makellosen Weitergabe von Informationen durch den Sender ist nicht garantiert, dass jene beim Empfänger in gleicher Weise ankommen. Das kann zum Beispiel damit begründet sein, dass der Kommunikationsweg gestört ist wegen äußerer Umstände wie etwa einem hohen Lärmpegel im unmittelbaren Produktionsumfeld. Denkbar ist ebenso, dass der Empfänger während der Kommunikation beeinträchtigt ist, weshalb er die an ihn adressierten Informationen nicht bestmöglich aufnehmen und verarbeiten kann. So wird etwa bei einer schlechten körperlichen oder moralischen Verfassung das berufliche Leistungspotential eines Menschen negativ beeinflusst. Die Auffassungsfähigkeit einer Person kann ferner vermindert werden, indem jene durch externe Einflüsse abgelenkt wird. Nicht zuletzt können erhaltene Informationen auch falsch interpretiert werden, obwohl sie von Senderseite korrekt übergeben wurden. In Abbildung 4-24 werden typische Problemfälle bei menschlichen Schnittstellen nochmals dokumentiert.



**Abbildung 4-24: Beispielhafte Probleme bei menschlichen Schnittstellenprozessen**

### 4.5.4 Eigenschaften eines schlanken Schnittstellenprozesses

Um eine Wertschöpfungskette zu erhalten, die durchweg den Anforderungen des Kunden entspricht und dabei frei von Verschwendungen ist, bedarf es nicht nur schlanker Prozesse. Von gleicher Bedeutung ist eine schlanke Verknüpfung der einzelnen Elemente einer Prozesskette. Ein entscheidender Faktor auf diesem Weg liegt darin, Schnittstellen nicht als potentielle Problemquellen anzusehen, an denen Material- bzw. Informationsflüsse unterbrochen werden und Qualitätsverluste einzukalkulieren sind. Vielmehr gilt es Schnittstellen im Prozessverlauf als Chancen zu begreifen, welche die Möglichkeit bieten, Zeitverluste zu kompensieren und entstandene Fehler zu korrigieren. Ein derartiger Wechsel der Sichtweise setzt allerdings voraus, dass die Abläufe an den Schnittstellen in entsprechender Art und Weise gestaltet sind. Um Prinzipien hierzu festzulegen, müssen zunächst einmal die Eigenschaften eines schlanken Schnittstellenprozesses ermittelt werden. Zu dessen Charakterisierung sollen die beiden Säulen einer schlanken Logistik, welche in Kapitel 3.2.1 vorgestellt wurden, herangezogen werden. Demzufolge zeichnet sich ein schlanker Schnittstellenprozess gleichermaßen – wie in Abbildung 4-25 illustriert – durch die zwei Grundmerkmale Effektivität und Effizienz aus.



**Abbildung 4-25: Merkmale eines schlanken Schnittstellenprozesses**

Die erste Komponente beschreibt die konsequente Ausrichtung auf den Kundennutzen bei der Übergabe eines Gutes, einer Information oder einer personellen Verantwortung zwischen zwei Logistikfunktionen. Nach Meinung von Kuhn wird jener erst fassbar und bewertbar, wenn er bis zu den Schnittstellen einer Prozesskette durchgereicht werden kann [Kuh-1995, S. 14]. Während der Kundennutzen bei der Definition von Lean Logistics über die „6 R der Logistik“ interpretiert wurde, soll im Zusammenhang mit Schnittstellenprozessen eine Erweiterung um die „richtigen Informationen“ als siebte Dimension vorgenommen werden. Auf dieser Grundlage gilt es nun konkrete Eigenschaften eines effektiven und somit kundenorientierten Transferprozesses abzuleiten.

Um zu gewährleisten, dass die richtigen Objekte an die richtigen Orte gelangen bzw. die richtigen Informationen an die richtigen Informationsträger oder Personen übertragen werden, müssen verwechslungssichere Abläufe an den Schnittstellen geschaffen werden. Das bezieht sich auf die Vermeidung von Fehlern sowohl bei der Aufnahme als auch Abgabe von Gütern oder Informationen. Außerdem ist darauf zu achten, dass jene auf dem aktuellen Stand sind. Sollten Bauteile in einer ungültigen Version oder veraltete Daten in Umlauf gebracht werden, so kann das unter Umständen zu einer Ausschussproduktion in den Folgeprozessen führen. Ein

wichtiges Kriterium aus der Sicht des Kunden ist auch die Bereitstellung von Gütern und Informationen in der richtigen Menge. Diese Forderung beinhaltet zum einen deren Vollständigkeit, so dass beispielsweise keine Versorgungsengpässe entstehen können aufgrund von Fehlteilen in der Fertigung. Ebenso müssen alle relevanten Daten bei der Ausführung eines Schnittstellenprozesses vorhanden sein bzw. entsprechend zur Verfügung gestellt werden. Auf der anderen Seite sollte eine mengenmäßige Übererfüllung vermieden werden. Innerhalb der Materialversorgung können etwa unnötig viele Gütertransfers an einer Schnittstelle zu hohen Beständen im nächsten Prozessabschnitt führen. Das Prinzip der Angemessenheit gilt auch für die Kommunikation. Hierbei ist der Fokus auf eine ausgewogene Informationsdichte zu richten, um die Verarbeitung der Informationen auf Seiten des Empfängers zu erleichtern durch den Verzicht auf unwesentliche Details. Ferner spielt die Einhaltung des richtigen Zeitpunktes für den Kunden – gerade im Kontext von Just-in-Time-Lieferungen – eine große Rolle. Deswegen müssen Zeitverluste entlang der Wertschöpfungskette weitestgehend vermieden werden, um eine hohe Pünktlichkeit realisieren zu können. Die Abläufe an den Schnittstellen sollten sich daher an Zeitvorgaben orientieren und durch eine robuste Gestaltung möglichst ausfallsicher sein. Zudem sollten sämtliche, zur Abwicklung erforderliche Ressourcen derart aufeinander abgestimmt sein, dass ihre Verfügbarkeit zum Bedarfszeitpunkt gegeben ist. Neben organisatorischen Aspekten ist die Funktions- und Einsatzfähigkeit der Ressourcen sicherzustellen. Ein weiterer Faktor, der maßgeblich die rechtzeitige Bereitstellung von Waren beeinflusst, ist die Verbindlichkeit von Aufgabenverteilungen an Übergabepunkten im Material- und Informationsfluss. Sofern nicht eindeutig geregelt ist, welcher Fachbereich bzw. welche Person für die Ausführung eines Schnittstellenprozesses verantwortlich ist, kann es zu Verzögerungen und Liegezeiten kommen. Ergänzend zu einer hohen Termintreue erwartet der Kunde, in der richtigen Qualität beliefert zu werden. Für Schnittstellen bedeutet das in erster Linie, die physischen Produkte sowie Informationsträger beim Handling nicht zu beschädigen. Beim Umgang mit Daten in IT-Systemen oder bei einer zwischenmenschlichen Kommunikation ist zusätzlich auf Konsistenz zu achten, da widersprüchliche Datengrundlagen bzw. Aussagen gravierende Prozessfehler nach sich ziehen können. Bei der Erfüllung eines Kundenauftrages ist das Augenmerk nicht zuletzt auf die richtigen Kosten zu legen. Bei einer expliziten Vorgabe von Zielkosten müssen jene entsprechend eingehalten werden, was sich unter Umständen auf die Prozessgestaltung sowie technische Ausrüstung beim Transfer von Gütern oder Informationen auswirken kann.

Die Effizienz eines Schnittstellenprozesses hängt dagegen vom Umfang der verwendeten Ressourcen ab. Je weniger von ihnen zum Einsatz kommen, desto schlanker sind die Abläufe an einer Schnittstelle. Gemäß Kuhn sollen die Ressourcen im Rahmen der Leistungserbringung ein Minimum an Kosten verursachen. Er spricht in diesem Zusammenhang von den sechs knappen Betriebsmitteln der Logistik, zu denen das Personal, die Flächen, der Bestand, die Arbeitsmittel, die Arbeitshilfsmittel sowie die Organisationsmittel gezählt werden [Kuh-1995, S. 86]. Als Gradmesser für die Effizienz von Schnittstellenprozessen werden in der vorliegenden Dissertation ebenfalls sechs Kriterien herangezogen. Sie sollen neben dem Zeit-, Personal- und Flächenbedarf zugleich auf die benötigten Arbeits- und Kommunikationsmittel sowie Informationsträger abzielen.

### **4.6 Strategien und Prinzipien schlanker Schnittstellenprozesse**

Nach der Festlegung der Charakteristika eines schlanken Schnittstellenprozesses werden in einem nächsten Schritt die Grundlagen geschaffen für die praktische Umsetzung effektiver und effizienter Abläufe an den vielfältigen Schnittstellen entlang des Material- und Informationsflusses. Aus diesem Grund gilt es eine Sammlung an Strategien und Prinzipien zusammenzustellen, welche als Orientierungshilfe bei der Erarbeitung von konkreten Schnittstellenlösungen dienen soll.

Grundsätzlich unterscheiden Becker und Rosemann zwei hierarchisch abgestufte Ansätze zur Gestaltung von idealen Logistikketten aus Schnittstellensicht. Primär sollte die Notwendigkeit eines Schnittstellenprozesses hinterfragt werden, ehe Zeit und Energie in seine Optimierung gesteckt wird. Da Schnittstellenprozesse gemäß der Lean-Philosophie keinen direkten produktiven Beitrag zur Wertschöpfung leisten, muss deren Reduzierung oberste Priorität besitzen. Anzustreben ist demnach eine Logistikkette, die über ein Minimum an Schnittstellenprozessen verfügt [Bec-1993, S. 97]. Wilhelm betrachtet die Schnittstellenproblematik aus dem Blickwinkel der Prozessorganisation und plädiert ebenso dafür, in einer ersten Überlegung überflüssige Schnittstellen ausfindig zu machen und deren Beseitigung anzustoßen. Auf diese Weise sollen allzu häufige Abteilungsübergänge vermieden werden, indem mehrere Prozessschritte einer Abteilung zugeordnet werden. Erst im Rahmen einer zweiten Schleife sollte über Möglichkeiten einer reibungslosen Fortsetzung des Prozesses an den Schnittstellen nachgedacht werden [Wil-2007, S. 67]. Aus der Sicht der Produktentwicklung werden im Umgang mit Schnittstellen die

gleichen Handlungsalternativen empfohlen. Stöckert nennt sowohl deren Abschaffung durch eine Integration zweier Systeme als auch ein strukturiertes und situationsgerechtes Schnittstellen-Management als mögliche Optionen [Stö-2011, S. 14].

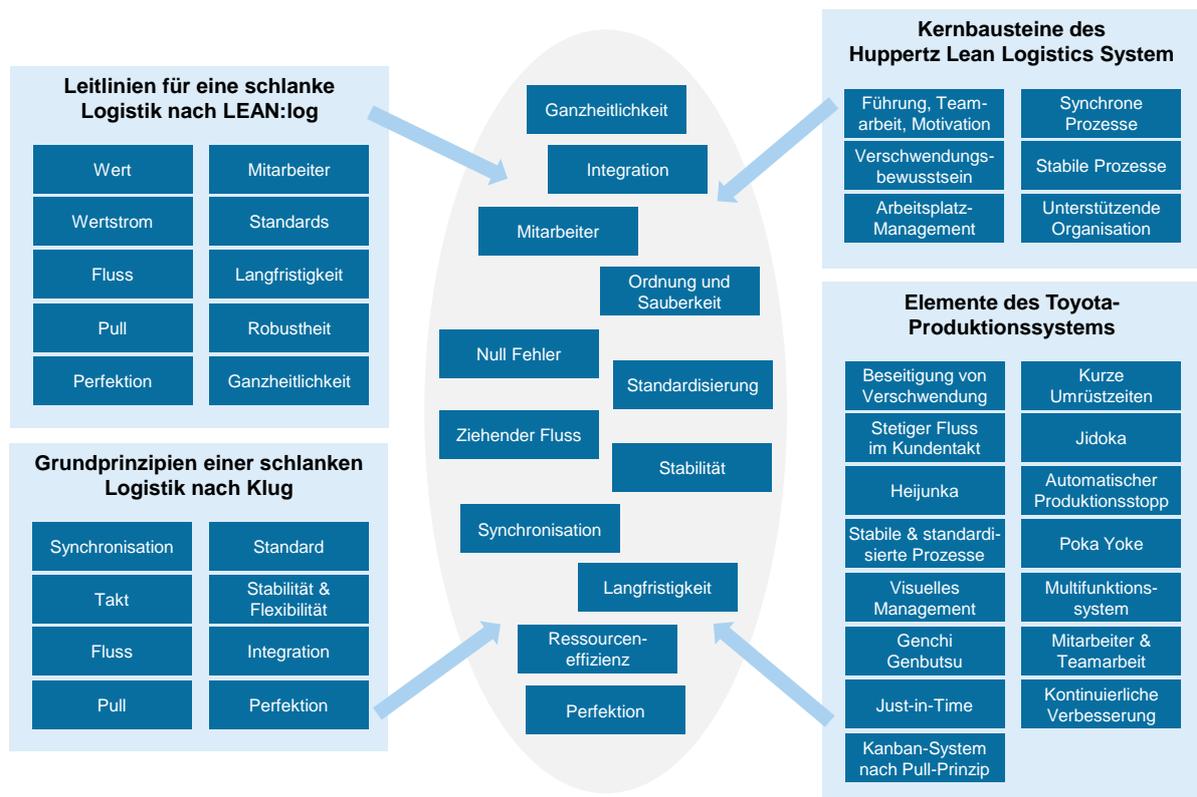
Basierend auf den Erkenntnissen in der Fachliteratur werden für die vorliegende Arbeit drei Strategien definiert, um möglichst wenig Schnittstellenverluste im Prozessverlauf zu erzeugen. Der erste Ansatz sollte stets auf eine **Eliminierung von Schnittstellen** abzielen. Erst in einem zweiten Schritt gilt es Möglichkeiten ins Auge zu fassen, die sich mit der **Reduzierung von Schnittstellenprozessen** an den unvermeidlichen Schnittstellen auseinandersetzen. Gleichzeitig muss das Bestreben einer **Verschlanung der verbleibenden Schnittstellenprozesse** vorhanden sein vor dem Hintergrund der in Kapitel 4.5.4 beschriebenen Eigenschaften.

Um die Strategien zu konkretisieren und in der Praxis anwendbar zu machen, bedarf es einer Reihe an Prinzipien, welche bei der Planung und Optimierung von Schnittstellenprozessen unterstützen sollen. In der einschlägigen Literatur liegen vereinzelt Kriterien in Bezug auf eine Schnittstellengestaltung vor, allerdings handelt es sich dabei zumeist nur um punktuelle Hinweise (siehe zum Beispiel [Sch-2004, S. 381]<sup>5</sup> oder [Sch-2005, S. 219]<sup>6</sup>). Eine ganzheitliche Betrachtung erfordert jedoch ein umfassenderes und breiteres Spektrum an Empfehlungen. Deswegen wird ein schnittstellenspezifischer Katalog an Ober- und Unterprinzipien entworfen, welcher auf den Grundsätzen einer schlanken Logistik beruht. Zu diesem Zweck werden zunächst die unterschiedlichen Prinzipien nach Klug sowie jene aus dem Forschungsprojekt LEAN:log, dem Huppertz Lean Logistics System und dem Toyota-Produktionssystem herangezogen und – wie in Abbildung 4-26 dargestellt – zu zwölf Oberprinzipien zusammengefasst. Obwohl die Prinzipien des TPS ursprünglich aus dem Produktionsumfeld stammen, können sie aufgrund ihrer übergeordneten Natur auf alle anderen Geschäftsprozesse und somit auch auf die Logistik angewendet werden [Lik-2007, S. 67].

---

<sup>5</sup> Siehe „Ziele bei der Gestaltung von Umschlagsystemen“.

<sup>6</sup> Siehe „Wichtige Gestaltungsprinzipien von Schnittstellen“.



**Abbildung 4-26: Zwölf Oberprinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses**

Die insgesamt 39 Prinzipien aus den vier genannten Quellen lassen sich aufgrund zum Teil identischer Begrifflichkeiten und der inhaltlichen Nähe einzelner Regeln auf zwölf wesentliche komprimieren. In Anhang A wird im Detail aufgezeigt, welche Aspekte gruppiert wurden. Nachfolgend werden alle Oberprinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses kurz erläutert und bis auf ihre Subprinzipien heruntergebrochen.

Das erste Oberprinzip bezieht sich auf eine **ganzheitliche Herangehensweise**. Gerade vor dem Hintergrund einer potentiellen Eliminierung von Schnittstellen ist es essentiell, jene nicht isoliert zu betrachten, sondern sämtliche Auswirkungen auf den Gesamtwertstrom in Betracht zu ziehen. Das Beseitigen einer Schnittstelle zwischen bei Prozessen kann unter Umständen eine bis dato nicht eingeplante Schnittstelle an einer anderen Position in der Wertschöpfungskette hervorrufen, so dass sich am Ende zwar ein lokales, aber nicht zwingend globales Optimum einstellt. Aus diesem Grund ist ein ausgedehnter und vollumfänglicher Betrachtungshorizont entscheidend, um positive Effekte für den Gesamtprozess zu erzielen. Ein ganzheitliches Denken beinhaltet zum einen das Streben nach Durchgängigkeit, um bereits im Planungsstadium auf ein Minimum an Arbeitsmittelwechseln, Medi-

enbrüchen und personellen Übergängen entlang einer Prozesskette achten zu können. Auf der anderen Seite ist stets eine Vorverlagerung von Logistikfunktionen zu prüfen, sofern sich dadurch Schnittstellen in der Kette reduzieren lassen. Das Vorziehen logistischer Tätigkeiten kann oftmals bewirken, dass bestimmte Prozesse und die daraus resultierenden Schnittstellen im Nachgang überflüssig werden. Ein Sortieraufwand kann beispielsweise vermieden werden, wenn bereits im Vorfeld definierte Sortenmerkmale in den Abläufen berücksichtigt werden.

Eine zweite Grundregel stellt den **Integrationsgedanken** in den Mittelpunkt, um auf diese Weise Schnittstellenprozesse zu verschlanken oder im Idealfall sogar zu verhindern. Eine Variante stellt die Kombination unterschiedlicher Logistikvorgänge dar. Hierbei werden mehrere, ursprünglich getrennte Funktionalitäten in einem Prozess konzentriert, ohne dass jene über Schnittstellen miteinander verknüpft sind. Denkbar ist auch die Parallelisierung verschiedenartiger Logistikfunktionen, indem etwa eine Wareneingangsbuchung nicht im Anschluss an einen Entladevorgang stattfindet, sondern bereits währenddessen in automatisierter Form. Aus der zeitlichen Überlappung von zuvor sequenziell ausgeführten Tätigkeiten können sich Ressourcenersparnisse ergeben. Eine dritte integrative Möglichkeit besteht in der Bündelung gleicher Logistikprozesse, wobei entweder mehrere parallel ablaufende Funktionen oder solche, welche innerhalb einer Auftragsabwicklung zyklisch wiederkehren, zusammengefasst werden können. Im Rahmen einer Warenvereinnahmung lassen sich beide Phänomene beobachten. Sowohl die zeitgleiche Entladung mehrerer Lkw als auch die wiederholt auftretenden Staplerspiele zur vollständigen Leerung eines Lkw verursachen eine Vielzahl an Schnittstellenprozessen. In Abbildung 4-27 werden die Unterprinzipien der Integration nochmals graphisch voneinander abgegrenzt.

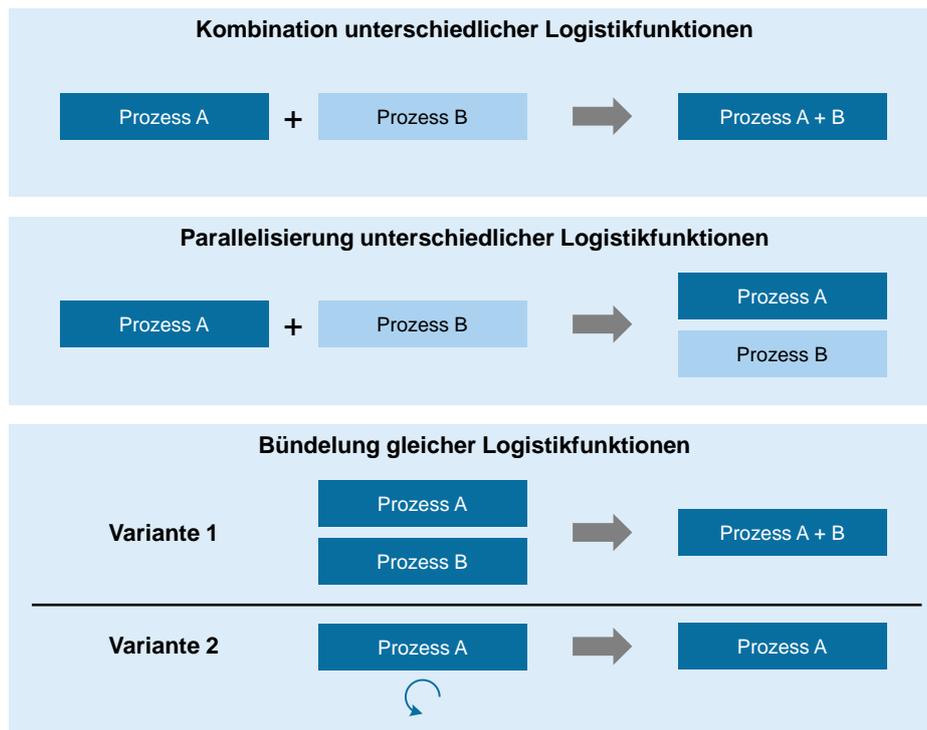


Abbildung 4-27: Mögliche Formen einer Prozessintegration

Unabhängig von der Art der vorliegenden Schnittstelle orientiert sich ein drittes Prinzip an den **Mitarbeitern**, deren physischer und psychischer Zustand die Qualität eines Schnittstellenprozesses in erheblichem Maße beeinflusst. Nur Menschen, die in der Lage sind, ihr körperliches und geistiges Leistungsvermögen vollständig abzurufen, können nachhaltig zum Unternehmenserfolg beitragen. Aus diesem Grund ist für eine hohe Arbeitssicherheit zu sorgen, um die Mitarbeiter bestmöglich vor Personenschäden als Folge von Verletzungen und Unfällen zu bewahren. Zum Schutze der Gesundheit ist ferner auf ergonomische Arbeitsbedingungen zu achten. Gerade an den Übergängen zwischen dem inner- und außerbetrieblichen Verkehr sind Menschen häufig Witterungseinflüssen wie Kälte, Regen oder Zugluft ausgesetzt. In der Materialbereitstellung kann das Ignorieren von Gewichtsobergrenzen beim Heben oder Schieben von Behältern zu überhöhten Belastungen führen. Ein zusätzliches Unterprinzip im Zusammenhang mit Mitarbeitern befasst sich mit deren Organisation in Teams. Dadurch sollen das Zusammengehörigkeitsgefühl gestärkt und die Motivation gesteigert werden. Zudem kann jeder Einzelne durch die gegenseitige Unterstützung vom Wissen und der Erfahrung der ganzen Gruppe profitieren.

Ein weiteres allgemeingültiges Prinzip zielt auf die **Ordnung und Sauberkeit** bei der Ausführung eines Schnittstellenprozesses ab. Hierunter zählt zunächst einmal

ein Arbeitsplatz-Management, dessen Aufgabe darin liegt, ein strukturiertes und ordentliches Arbeitsumfeld zu schaffen. Somit wird eine entsprechende Grundlage erzeugt für einen schnellen Güter- bzw. Informationstransfer, da etwa lange Suchzeiten für das benötigte Equipment entfallen. Ebenso wichtig ist ein visuelles Management, wonach relevante Informationen angezeigt oder optisch hervorgehoben werden. Dadurch soll unter anderem die Fehlerquote an den Schnittstellen reduziert werden, indem zum Beispiel anhand entsprechender Markierungen oder Beschriftungen die Aufnahme- bzw. Abgabeorte für Güter eindeutig vorgegeben werden.

Der Vermeidung von Fehlern in Bezug auf die logistischen Dimensionen Produkt, Information, Ort, Menge, Zeitpunkt und Qualität wird mit dem **Null-Fehler-Ansatz** ein eigenständiges Prinzip gewidmet. Als Grundvoraussetzung für die Realisierung fehlerfreier Schnittstellenprozesse gilt der Einsatz eines ausreichend qualifizierten Personals. Um den nötigen Ausbildungsstand zu erreichen, müssen insbesondere neue Mitarbeiter zu Beginn intensiv geschult und eingearbeitet werden. Auch die regelmäßige Weiterbildung des Personals ist ein wichtiger Qualifizierungsbaustein, da infolgedessen einer Scheuklappen-Denkweise und Betriebsblindheit vorgebeugt werden kann. Außerdem werden auf diesem Wege nicht selten neue Erkenntnisse und Technologien vermittelt, die zur Steigerung des Qualitätsstandards beitragen können. Trotz bester Einweisung in die durchzuführenden Tätigkeiten können sich durch Konzentrationsschwächen oder unübersichtliche Systemzustände Fehler ereignen. Deswegen beinhaltet das Null-Fehler-Konzept ebenso die beiden aus dem Toyota-Produktionssystem bekannten Elemente Poka Yoke und Jidoka. Während Ersteres der präventiven Fehlervermeidung dient, befasst sich Letzteres damit, entstandene Fehler sofort zu erkennen und deren Weitergabe an nachfolgende Prozessabschnitte zu verhindern.

Eine Möglichkeit, um die Fehleranfälligkeit an Schnittstellen zu senken, liegt in der **Standardisierung** sowohl auf technischer als auch organisatorischer Ebene. Im Materialfluss birgt jeder Wechsel der Systemtechnik beim Übergang eines Gutes von einem auf das nächste Arbeitsmittel gewisse Risiken, da unter Umständen neue Anforderungen und Restriktionen zu berücksichtigen sind. Wird zum Beispiel der interne Güterverkehr ausschließlich über eine Stapler abgewickelt, so müssen lediglich dessen Eigenschaften im Hinblick auf die Transportierfähigkeit einer Ware beachtet werden. Bei der Verwendung unterschiedlicher Fördertechniken kann die Anzahl an einzuhaltenden Kriterien steigen und somit auch die Gefahr von Kompl-

kationen an den Schnittstellen. Darüber hinaus kann sich die Schaffung gleicher Arbeitshöhen beim Güterübergang positiv auf die Prozesszeit sowie Ergonomie auswirken. Durch die Vermeidung von Höhenunterschieden zwischen zwei Arbeitsmitteln bzw. einem Arbeitsmittel und einer Person werden vertikale Bewegungen zur Kompensation der Höhendifferenz überflüssig und ungünstige Körperhaltungen infolge von Bück- oder Streckvorgängen verhindert. Des Weiteren erweist sich bei informationellen Schnittstellen ein einheitlicher Datenaustausch als sehr vorteilhaft. Durch den Einsatz von standardisierten Datenformaten können im Bereich des manuellen Informationsaustausches fehlerhafte Wahrnehmungen signifikant reduziert werden. Beim elektronischen Austausch zwischen zwei IT-Systemen wird hingegen die Voraussetzung geschaffen für eine automatisierte Weiterverarbeitung der Daten [Pfo-1997, S. 18]. Außerdem entfallen durch das Transferieren von Informationen in einem einheitlichen Format auf Seiten des Empfängers Konvertierungen, welche nicht selten Fehler oder Datenverluste nach sich ziehen. Bei menschlichen Schnittstellen ist auf eine einheitliche Kommunikation zu achten. Wichtig in diesem Kontext ist die Tatsache, dass die Verständigung unter den Kommunikationspartnern in einer festgelegten Sprache erfolgt, was gerade bei international agierenden Unternehmen entscheidend ist. Zugleich empfiehlt es sich, die Art und Weise eines Verantwortungswechsels an einer Schnittstelle stets möglichst gleich zu gestalten, indem beispielsweise standardisierte Übergabeprotokolle genutzt werden. Allerdings reicht es nicht aus, nur auf dem Gebiet der Technik und bei den verwendeten Hilfsmitteln Standards zu implementieren. Vielmehr muss sich dieses Prinzip auch in der Organisation von Abläufen niederschlagen. Daher bedarf es eindeutig definierter Regelprozesse, die eine Reproduzierbarkeit von manuellen Arbeitsvorgängen sicherstellen. Das Ziel muss darin bestehen, beständig nach einem gleichen Muster zu verfahren, um bei der Abwicklung der Schnittstellenprozesse ein konstant hohes Qualitätsniveau zu erreichen.

Das nächste Oberprinzip orientiert sich an der Realisierung eines **ziehenden Flusses** an den Schnittstellen. Jenes fokussiert dabei zwei verschiedene Aspekte. Zunächst wird der klassische Pull-Gedanke aufgegriffen, wonach der Impuls zur Ausführung einer Logistikfunktion und zur Überwindung einer damit verbundenen Schnittstelle grundsätzlich durch den nachgelagerten Prozess zu erfolgen hat in Abhängigkeit von dessen Bedarf. Der zweite Bestandteil dieses Prinzips zielt auf einen raschen Güter- bzw. Informationswechsel ab, so dass Wartezeiten an den Prozessübergängen minimiert werden vor dem Hintergrund einer kurzen Gesamtdurchlaufzeit entlang der Logistikkette. Fließende Wertströme erfordern die Einhal-

tung von zwei Grundsätzen an den Schnittstellen. Auf der einen Seite ist ein aktiver Transfer vorzusehen, sofern es die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen erlauben. Hierbei werden Schnittstellenprozesse durch diejenigen Arbeitsmittel, Informationsträger oder Personen ausgelöst, welche ein Gut bzw. eine Information abgeben. Im Falle einer physischen Schnittstelle kann dies beispielsweise durch die Ausnutzung der Schwerkraft oder den motorischen Antrieb eines Produktes erreicht werden. Auf der anderen Seite gilt es einen unmittelbaren Transfer zu gewährleisten, der direkt im Anschluss an die vorangegangene Logistiktätigkeit gestartet wird, so dass keinerlei Zeitverzug entsteht.

Als Erfolgsmerkmal von durchgängigen Material- und Informationsflüssen erweisen sich zudem **stabile Schnittstellenprozesse**. Um jene möglichst ausfallsicher zu gestalten und Verzögerungen bei der Durchführung weitestgehend zu vermeiden, werden vier Unterprinzipien festgelegt. Sie konzentrieren sich darauf, die wesentlichen Störfaktoren an den Schnittstellen in den Griff zu bekommen. Zunächst muss das Augenmerk auf eine 100-prozentige technische Verfügbarkeit der verwendeten Ressourcen gelegt werden. Ein defekter Stapler, ein nicht auslesbarer RFID-Transponder oder ein nicht funktionsfähiges Mobiltelefon können dazu führen, dass ein Gut, eine Information bzw. eine personelle Verantwortung verspätet übertragen werden. Deshalb ist beim Technikeinsatz auf die Kriterien Einfachheit und Robustheit zu achten und gleichermaßen die Einhaltung regelmäßiger Wartungszyklen zu überwachen. Von Störungen betroffen können auch die Informations- sowie Kommunikationswege sein. So kann etwa bei der Datenübermittlung an ein IT-System das genutzte WLAN-Netz nur eingeschränkt verfügbar sein oder während eines Telefongespräches ein temporär schlechter Mobilfunk-Empfang vorliegen. In beiden Fällen können Informationen nur verzögert oder überhaupt nicht transferiert werden. Neben technischen Unzulänglichkeiten können ebenso organisatorische Defizite Instabilitäten hervorrufen. Die Zuverlässigkeit eines Schnittstellenprozesses kann dadurch beeinträchtigt sein, dass keine klaren Verantwortlichkeiten für dessen Abwicklung definiert sind. Somit können sich Liegezeiten für Materialien sowie Informationen ergeben, wenn die einzelnen Aufgaben nicht eindeutig bestimmten Abteilungen oder Personen zugeordnet sind.

Bedeutend für den Fluss eines Wertstromes ist nicht zuletzt das Prinzip der **Synchronisation**. In Bezug auf eine physische Schnittstelle bedeutet dies das reibungslose Ineinandergreifen der zusammenlaufenden Materialströme sowohl örtlich als auch zeitlich [Sch-2005, S. 213f.]. Die Basis für harmonische Abläufe wird

durch eine Kompatibilität der einzelnen Teilsysteme geschaffen. Dabei gilt es sämtliche, an der Ausführung eines Schnittstellenprozesses beteiligte Instanzen miteinander in Einklang zu bringen. Schlanke Übergänge im Materialfluss zeichnen sich dadurch aus, dass die betroffenen Arbeitsmittel bzw. Personen sowohl untereinander als auch im Hinblick auf das zu transferierende Gut optimal abgestimmt sind. In den Fokus rücken die Greifmöglichkeiten an einer Ware ebenso wie die Zugänglichkeit zu den Aufnahme- und Abgabepunkten der Arbeitsmittel sowie der Andockungsaufwand bei der unmittelbaren Verbindung zweier Arbeitsmittel. Bei informationellen Schnittstellen spielen insbesondere die Erfassung und Verarbeitung von Daten eine bedeutende Rolle. Bei manuellen Vorgängen ist auf eine Kompatibilität zu achten zwischen den zur Verfügung gestellten Informationen und den Personen, die jene empfangen und in entsprechender Form verwerten sollen. Es muss daher nicht nur die Lesbarkeit, sondern zugleich auch die Verständlichkeit von Informationen auf Empfängerseite sichergestellt werden. Wichtig im Rahmen einer elektronischen Datenübermittlung ist die Fragestellung, inwieweit ein IT-System mit den erhaltenen Daten umgehen kann. Als zweckmäßig erweist sich hierbei die Verwendung von kompatiblen Datenformaten. Selbst bei einer Mensch-zu-Mensch-Kommunikation ist es nicht unwesentlich, wie die in Kontakt tretenden Personen miteinander harmonisieren. Um schlanke menschliche Schnittstellen zu erhalten, ist es von Vorteil, Antipathien unter den Kollegen und Verständigungsprobleme zum Beispiel aufgrund von unterschiedlichen Nationalitäten oder Dialekten weitestgehend zu vermeiden. Die zeitliche Komponente der Synchronisation zielt auf die organisatorische Verfügbarkeit der Ressourcen ab, welche für das Durchlaufen einer Schnittstelle benötigt werden. Allerdings erscheint es aus Auslastungsgründen sinnvoll, die entsprechenden Ressourcen nicht permanent vorzuhalten, sondern lediglich bedarfsorientiert zum geforderten Zeitpunkt.

Trotz aller Bemühungen, kundenorientierte Schnittstellenprozesse zu schaffen, darf die **Ressourceneffizienz** nicht außer Acht gelassen werden. Die Erfüllung des Kundenauftrages soll demnach mit einem Minimum an Zeit, Personal, Flächen, Arbeits- und Kommunikationsmitteln sowie Informationsträgern geschehen. Die zügige Überbrückung von Schnittstellen hat sich zu einem wesentlichen Aspekt entwickelt, da sich deren Anzahl infolge globaler Logistikketten und einer zunehmenden Wertschöpfungsteilung sukzessive erhöht. Um Kundentermine dennoch nicht zu gefährden, müssen geringe Durchlaufzeiten nicht nur bei den Logistikprozessen, sondern gleichermaßen an den verknüpfenden Schnittstellen realisiert werden. Außerdem können sich lang andauernde Schnittstellenprozesse durchaus als kost-

spielig erweisen. Bei der Be- oder Entladung eines Lkw ist beispielsweise mit sogenannten Standgeldzahlungen zu rechnen, sofern sich längere Wartezeiten für den Spediteur ergeben. Neben der Geschwindigkeit spielt bei einem Güter-, Informations- oder Verantwortungsübergang ebenso der Personaleinsatz eine bedeutende Rolle. Gerade in Deutschland müssen aufgrund von hohen Personalkosten Möglichkeiten zur Automatisierung sowie organisatorische Lösungen in Betracht gezogen werden, die auf einen reduzierten Mitarbeiterbedarf bei der Abwicklung von Schnittstellenprozessen ausgerichtet sind. In gleichem Zuge gilt es sich mit der Minimierung der benötigten Flächen auseinanderzusetzen. Zu den innerhalb eines Schnittstellenprozesses verwendeten Flächen zählen zum einen jene, die nur temporär benötigt werden, aber dennoch dauerhaft vorzusehen sind zum Beispiel für Rangiertätigkeiten eines Staplers. Zum anderen existieren Flächen, welche durchgehend belegt werden etwa durch eine stationäre IT-Ausrüstung. Darüber hinaus ist bei physischen Schnittstellen auf einen effizienten Umgang mit Arbeitsmitteln zu achten. Dies bezieht sich auf Transport-, Förder-, Lager-, Produktions-, Handhabungs-, Verpackungs- und Prüfmittel (siehe Kapitel 4.2.1). Ein potentieller Ansatz zielt auf eine gemeinsame Nutzung von Arbeitsmitteln durch unterschiedliche Funktionsbereiche ab. So kann zum Beispiel der gleiche Stapler situationsabhängig sowohl im Wareneingang als auch Versand zum Einsatz kommen. Dagegen ist bei informationellen Schnittstellen der Fokus darauf zu richten, dass die einzelnen Informationsträger in Maßen und möglichst nachhaltig eingesetzt werden. Im Laufe einer Logistikkette wird eine Ware häufig mit einer Vielzahl an papiergebundenen Begleitscheinen ausgestattet. Das verursacht hohe Materialkosten und steigert zugleich das Risiko von Verwechslungen. Die elektronische Variante mit einem am Gut angebrachten Datenträger verzichtet hingegen auf Papiausdrucke und verfügt zudem – je nach Ausführungsart – über den Vorteil der Wiederverwendbarkeit. Der Effizienzgedanke sollte selbst im Rahmen einer zwischenmenschlichen Interaktion bestehen im Hinblick auf die verwendeten Kommunikationsmittel. Als technische Optionen sind nicht nur Mobiltelefone, E-Mail und Videotelefonie denkbar, sondern beispielsweise auch das firmeneigene Intranet. Hierbei gilt es unter anderem zu prüfen, ob ein Rechner etwa bei lediglich sporadischem E-Mail-Verkehr nicht von mehreren Kollegen gemeinsam genutzt werden kann, um teure Investitionen in einen unnötig hohen Bestand an Kommunikationsmitteln zu vermeiden.

Das Prinzip der **Langfristigkeit** verfolgt das Ziel, einen Schnittstellenprozess mit Weitblick zu gestalten, so dass er mit dem vorliegenden technischen System bzw. dem verfügbaren Personal nicht nur aktuell beherrscht werden kann, sondern auch

in der nahen und fernen Zukunft. Um der Forderung nach langfristig schlanken Schnittstellen gerecht zu werden, gilt es sämtliche Ressourcen bezüglich ihrer Flexibilität zu untersuchen. Jene ist ganz allgemein definiert als „die Eigenschaft eines Systems, proaktive oder reaktive sowie zielgerichtete Änderungen der Systemkonfiguration zu ermöglichen, um die Anforderungen von sich verändernden Umweltbedingungen zu erfüllen“ [Kal-2005, S. 9]. Wildemann unterscheidet drei Flexibilitätsarten. Dabei bezieht sich die quantitative Flexibilität auf die Anpassung eines Systems an neue Mengenstrukturen. In den Vordergrund rücken hierbei dessen Erweiterungs- und Kompensationsfähigkeiten. Unter einer qualitativen Flexibilität wird die Anpassung eines Systems an neue Aufgaben verstanden. Vielseitigkeit sowie Umbaufähigkeit lassen sich als positive Merkmale in diesem Kontext anführen. Als dritte Kategorie nennt Wildemann die zeitliche Flexibilität, worin der Zeitbedarf zu sehen ist, welcher bei der Umstellung auf eine neue Aufgabe anfällt [Wil-2005, S. 140]. In der vorliegenden Dissertation wird nur in zwei Flexibilitätsarten differenziert. Unter der technischen Flexibilität werden dabei alle quantitativen sowie qualitativen Aspekte zusammengefasst. Eine Schnittstelle gilt demnach als schlank, wenn sie aufgrund ihrer Auslegung und Gestaltung auch bei Parametervariationen in der Aufgabenstellung – etwa in Bezug auf das Mengenvolumen, den Tätigkeitsumfang oder die Art der transferierten Güter bzw. Informationen – in gleicher Form genutzt werden kann. Bei einer physischen Schnittstelle im Materialfluss können die Erweiterbarkeit einer Fördertechnik oder das Ausdehnungspotential einer Pufferfläche im Fabriklayout beispielsweise von Bedeutung sein. Eine informationelle Schnittstelle, an der ein Schreib-/ Lesegerät zur automatischen Datenerfassung installiert ist, kann ebenso als technisch flexibel interpretiert werden, da sie bereits die Funktionalität einer Datenträger-Beschreibung vorsieht, obwohl diese momentan vielleicht noch gar nicht gefordert ist. Davon abzugrenzen ist in der Arbeit die organisatorische Flexibilität, welche sich auf die Vermeidung von Fixpunkten jeglicher Art bezieht. So ist eine schlanke Schnittstelle auch dadurch gekennzeichnet, dass sie weder an einen Ort noch an bestimmte Personen bei der Prozessabwicklung gebunden ist.

Das zwölfte und zugleich letzte Oberprinzip eines schlanken Schnittstellenprozesses greift den **Perfektionsgedanken** auf. Das Ziel einer perfekten Schnittstelle wird niemals zu verwirklichen sein, außer es gelingt, jene zu eliminieren und mit ihr sämtliche Unzulänglichkeiten, welche den Kundennutzen beeinträchtigen oder einen erhöhten Ressourceneinsatz nach sich ziehen. Deswegen gilt es in regelmäßigen Abständen die Notwendigkeit einer Schnittstelle zu hinterfragen, indem ihr

Zweck kritisch überprüft wird und die Auswirkungen einer möglichen Beseitigung auf den Gesamtprozess untersucht werden. Oftmals kann jedoch die Abschaffung einer Schnittstelle aus technischen, organisatorischen oder wirtschaftlichen Aspekten nicht in Erwägung gezogen werden. In diesen Fällen muss der Blick auf alternative Optimierungsansätze gerichtet werden. Das Streben nach Perfektion sollte sich dann darauf konzentrieren, die Prozesse zur Überbrückung einer Schnittstelle kontinuierlich zu reduzieren und zu verschlanken.

Alle Ober- und Unterprinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses sind in Abbildung 4-28 nochmals in einer Übersicht zusammengestellt. Jene sollen sowohl als Planungs- und Gestaltungsgrundlage fungieren (siehe Kapitel 5.1) als auch den Bewertungsmaßstab bilden bei der Beurteilung von Schnittstellen in Bezug auf deren Schlankheitsgrad (siehe Kapitel 6.1.4).

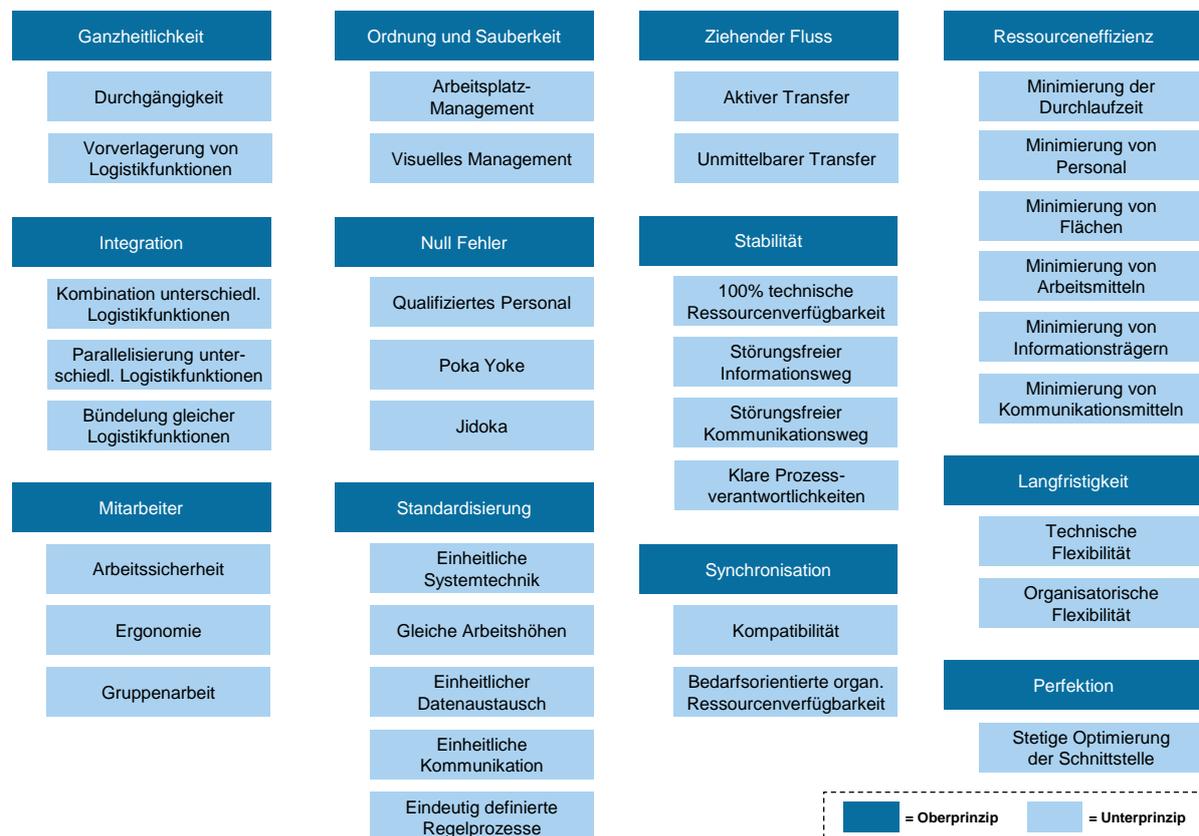


Abbildung 4-28: Ober- und Unterprinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses

## 4.7 Fazit

Der Begriff der Prozessschnittstelle ist sehr weitläufig und wird in unterschiedlichsten Zusammenhängen verwendet. In Abhängigkeit des Übertragungsmediums las-

sen sich in der Fachliteratur vielerlei Arten von Schnittstellen vorfinden. Im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit werden Material- und Informationsflüsse in logistischen Prozessketten der Automobilindustrie behandelt, weshalb der Fokus auf den Übergang von Gütern, Informationen sowie personellen Verantwortlichkeiten entlang eines Wertstromes gerichtet wird. Demzufolge wird sich zum einen auf physische Schnittstellen zwischen zwei Logistikkfunktionen konzentriert, an denen ein Gut entweder das Arbeitsmittel wechselt oder von einem Arbeitsmittel an einen Menschen übergeben wird bzw. umgekehrt. Auf der anderen Seite werden informationelle Schnittstellen betrachtet, welche dadurch gekennzeichnet sind, dass Informationen von einem Informationsträger auf den nächsten oder aber auf eine Person übertragen werden. Denkbar ist ebenso ein Transfer in anderer Richtung von einer Person auf einen Informationsträger. Als dritte Kategorie werden noch menschliche Schnittstellen berücksichtigt, an denen die Verantwortung für Güter respektive Informationen an eine nachfolgende Person weitergereicht wird. Da eine Prozessschnittstelle lediglich das unmittelbare Übergangsszenario darstellt, wurde in Kapitel 4 zusätzlich der Begriff des Schnittstellenprozesses eingeführt. Jener beinhaltet darüber hinaus sämtliche Handlungsschritte, die zur Vor- und Nachbereitung eines Güter-, Informations- oder Verantwortungstransfers erforderlich sind. Ein Blick in die automobilen Praxis hat gezeigt, dass sich nahezu alle Logistikkfunktionen miteinander kombinieren lassen und dazwischen in den meisten Fällen Schnittstellenprozesse auftreten können. Selbst wenn keine physische Ware oder Information überwechseln sollte, so besteht dennoch fast immer die Möglichkeit einer Verantwortungsübergabe im Anschluss an eine Prozessausführung. Neben einer großen Menge an Schnittstellen, die in einer Logistikkette zu bewältigen sind, wurde ebenso auf eine Vielzahl an daraus resultierenden Problemen hingewiesen. Um Wertströme jedoch nicht nur vereinzelt, sondern in ganzheitlicher Form nach den Grundsätzen der Kundenorientierung und Ressourceneffizienz zu gestalten, wurden Strategien sowie ein breites Spektrum an Prinzipien entwickelt, welche auf die Realisierung schlanker Schnittstellenprozesse abzielen. Gerade Letztere nehmen eine zentrale Rolle im weiteren Verlauf der Arbeit ein, weshalb sie in Abbildung 4-29 nochmals herausgestellt werden. Ein Großteil der Prinzipien ist allgemeingültig, wenngleich auch einige existieren, die lediglich für bestimmte Schnittstellenarten zutreffen.

	Physische Schnittstellen	Informationelle Schnittstellen	Menschliche Schnittstellen
Ganzheitlichkeit		Durchgängigkeit	
		Vorverlagerung von Logistikfunktionen	
Integration		Kombination unterschiedlicher Logistikfunktionen	
		Parallelisierung unterschiedlicher Logistikfunktionen	
		Bündelung gleicher Logistikfunktionen	
Mitarbeiter		Arbeitssicherheit	
		Ergonomie	
		Gruppenarbeit	
Ordnung und Sauberkeit		Arbeitsplatz-Management	
		Visuelles Management	
Null Fehler		Qualifiziertes Personal	
		Poka Yoke	
		Jidoka	
Standardisierung	Gleiche Arbeitshöhen	Einheitliche Systemtechnik	Einheitliche Kommunikation
		Einheitlicher Datenaustausch	
		Eindeutig definierte Regelprozesse	
Ziehender Fluss		Aktiver Transfer	
		Unmittelbarer Transfer	
Stabilität		100% technische Ressourcenverfügbarkeit	
		Störungsfreier Informationsweg	Störungsfreier Kommunikationsweg
			Klare Prozessverantwortlichkeiten
Synchronisation		Kompatibilität	
		Bedarfsorientierte organisatorische Ressourcenverfügbarkeit	
Ressourceneffizienz		Minimierung der Durchlaufzeit	
		Minimierung von Personal	
	Minimierung von Arbeitsmitteln	Minimierung von Flächen	Minimierung von Kommunikationsmitteln
Langfristigkeit		Minimierung von Informationsträgern	
		Technische Flexibilität	
Perfektion		Organisatorische Flexibilität	
		Stetige Optimierung der Schnittstelle	

Abbildung 4-29: Prinzipienanwendung bei den einzelnen Schnittstellenarten



## **5 Handlungsempfehlungen für schlanke Schnittstellenprozesse**

Mit der Herleitung von Prinzipien zur Planung und Gestaltung von schlanken Schnittstellenprozessen in Kapitel 4.6 wurde die Grundlage geschaffen für die Erarbeitung von Lösungsansätzen in der Praxis. Durch die Anwendung der Prinzipien auf konkrete Schnittstellen können Prozesse in einer Logistikkette effektiv und effizient miteinander verbunden werden. Dabei müssen nicht zwingend ausgefeilte Technikkonzepte entstehen. Oftmals können bereits organisatorische Maßnahmen einen großen Einfluss auf die Durchlaufzeit, die Prozessqualität oder den Ressourcenbedarf an einer Schnittstelle nehmen. In diesem Kapitel werden Handlungsempfehlungen vorgestellt, welche sich an den einzelnen Prinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses orientieren. Die skizzierten Lösungen sind nur beispielhaft zu verstehen und stammen aus unterschiedlichen Industrieprojekten, Messebesuchen sowie Literaturrecherchen. Um den Umfang der Arbeit etwas einzuschränken, werden lediglich Optimierungsansätze für physische Prozessübergänge betrachtet, wobei einige davon gleichermaßen zur Verbesserung von informationellen und menschlichen Schnittstellen beitragen.

### **5.1 Praxislösungen für schlanke physische Schnittstellenprozesse durch Prinzipienanwendung**

In den anschließenden Abschnitten 5.1.1 bis 5.1.12 werden zu jedem Gestaltungsprinzip entsprechende Praxislösungen aufgezeigt. Neben einer Verdeutlichung der abstrakt-theoretischen Prinzipien sollen die Beispiele vor allem auch Anregungen für den Logistikplaner bieten. Tabelle 5-1 sowie Tabelle 5-2 schaffen vorab einen Überblick über die im Detail folgenden Maßnahmen, indem jene kurz beschrieben und – je nach Typ – als organisatorisch oder technisch kategorisiert werden. Zudem ist vermerkt, ob die Umsetzung einer Lösung eine Schnittstelleneliminierung nach sich zieht oder lediglich auf eine Reduzierung respektive Verschlinkung der Schnittstellenprozesse abzielt. Über die Angabe von weiterführenden Literaturquellen wird darüber hinaus jeweils auf näheres Informationsmaterial verwiesen.

## 5 Handlungsempfehlungen für schlanke Schnittstellenprozesse

Oberprinzip	Unterprinzip	Maßnahme	Typ <sup>1</sup>	Kurzbeschreibung	Strategie <sup>2</sup>	Weiterführende Literatur
Ganzheitlichkeit	Durchgängigkeit	Unternehmensübergreifendes Behälterkonzept	T	Ein Behälter entlang der gesamten Prozesskette	A	[Knö-2012, S. 26f.]
	Vorverlagerung von Logistikfunktionen	Vorsortierte Lkw-Beladung	O	Lkw-Beladung bereits nach bestimmten Sortierkriterien beim Lieferanten oder Logistikdienstleister	A	
Sequenzgenaue Teileproduktion		O	Teileproduktion beim Lieferanten bereits in der vom Kunden geforderten Reihenfolge	A	[Gri-2012], [Mei-2009b]	
Integration	Kombination unterschiedlicher Logistikfunktionen	Warehouse-on-Wheels-Konzept	O	Nutzung des Lkw-Trailers als Transportmittel und bedarfsortnahen Materialpuffer	A	[Klu-2010, S. 278]
		Stauförderer	T	Nutzung des Arbeitsmittels als Fördermittel und Materialpuffer	A	[Arn-2008, S. 623f.]
		Behälter mit Fahrwerk	T	Nutzung des Behälters als Verpackungs- und Fördermittel	A	[Knö-2012, S. 26f.]
	Parallelisierung unterschiedlicher Logistikfunktionen	Bahnkommissionierung	T	Kommissionierung von Gütern bereits während der Bahnfahrt	C	[Bud-2002, S. 6], [Mei-2002, S. 16]
		Bündelung gleicher Logistikfunktionen	Mobiler Ladeboden auf Lkw	T	Zusammenfassung mehrerer Lkw-Beladevorgänge zu einem Vorgang	A + B
	Shootersystem in der Materialbereitstellung		T	Zusammenfassung mehrerer Beschickungsvorgänge zu einem Vorgang	A + B	[Czw-2010]
Warenkorbkonzept in der Materialbereitstellung	O		Zusammenfassung mehrerer Bereitstellorte zu einem Ort	A	[Klu-2010, S. 198f.], [Vah-2008, S. 107]	
Mitarbeiter	Arbeitssicherheit	Sicherheitskonzept für Verladeprozess	T	Konzept für Lkw-Wegrollschutz, Signalisierung aktueller Verladezustände und Absturzsicherung an Verladerrampe	C	[Hör-2013, S. 29], [Pia-2011, S. 42]
		Stapler-WM	O	Schulung und Sensibilisierung der Staplerfahrer durch praxisnahe Übungen und Geschicklichkeitsspiele	C	[Dre-2011, S. 16ff.]
	Ergonomie	Verladetor mit Torabdichtung	T	Schutz vor Witterungseinflüssen bei Be- und Entladevorgängen für Güter und Personen	C	[Nov-2013, S. 17ff.]
		Klimatisierung des Lkw-Laderaumes	T	Schaffung von angenehmen Arbeitstemperaturen durch stetige Einströmung von Hallenluft in Laderaum	C	[Arn-2013, S. 1]
	Gruppenarbeit	Gruppengespräch	O	Regelmäßiges Zusammenkommen der Gruppe zur Diskussion und Lösung von Problemen	C	[Koc-2000, S. 176ff.], [Min-2006, S. 129]
Ordnung und Sauberkeit	Arbeitsplatz-Management	5S-Methode	O	Nachhaltige Schaffung von sauberen, sicheren und standardisierten Arbeitsplätzen	C	[Dom-2009, S. 256]
	Visuelles Management	Bodenmarkierungen	O	Festlegung von definierten Grenzen zur klaren Trennung von unterschiedlichen Funktionsflächen	C	[Dom-2009, S. 258], [ONK-2007, S. 7ff.]
		Kennzeichnungen und Beschriftungen	O	Verwendung von unterschiedlichen Farben, Nummern oder Symbolen als Unterscheidungsmerkmale	C	[Dom-2009, S. 258], [ONK-2007, S. 7ff.]
Null Fehler	Qualifiziertes Personal	Schnittstellen-Workshop	O	Verbesserung der internen Zusammenarbeit an Schnittstellen durch gemeinsame Problemlösung der beteiligten Personen	C	[Fin-2009, S. 101ff.]
	Poka Yoke	Teilespezifische Fachzuordnung bei Warenkorb	O	Vollständigkeitskontrolle im Rahmen einer Kommissionierung	C	[Klu-2010, S. 198]
		Schaumstoffeinlagen in Warenkorb mit teilespezifischen Aussparungen	T	Sicherstellung einer korrekten Teileablage im Rahmen einer Kommissionierung	C	[Klu-2010, S. 198]
		Greifprozessüberwachung in der Kommissionierung	T	Überwachung der korrekten Teileentnahme mittels Laserscanner	C	[Son-2013, S. 93], [SAF-2014]
	Jidoka	Stückzahlwaage in der Kommissionierung	T	Kontrolle von Kommissionieraufträgen hinsichtlich Vollständigkeit auf Basis der Eigengewichte der Artikel	C	[Hom-2010, S. 45f.]
Gabelzinkenantenne in Stapler		T	Überprüfung der korrekten Güteraufnahme nach automatischer Identifikation einer Palette	C	[Gün-2009, S. 124ff.]	

<sup>1</sup> Zwei Typen: O = Organisatorisch T = Technisch

<sup>2</sup> Drei Strategien: A = Eliminierung von Schnittstellen B = Reduzierung von Schnittstellenprozessen C = Verschlankeung von Schnittstellenprozessen

**Tabelle 5-1: Übersicht über beispielhafte Praxislösungen für physische Schnittstellen (1/2)**

## 5.1 Praxislösungen für schlanke physische Schnittstellenprozesse durch Prinzipienanwendung

Oberprinzip	Unterprinzip	Maßnahme	Typ <sup>1</sup>	Kurzbeschreibung	Strategie <sup>2</sup>	Weiterführende Literatur
Standardisierung	Einheitliche Systemtechnik	Automatische Lkw-Verladesysteme	T	Automatische Lkw-Beladung/ -Entladung über Fördertechnik auf Lkw und stationäre Fördertechnik in Gebäude	A + C	[Pia-2005, S. 32], [Soc-2010, S. 1ff.]
		Integrierte Fördertechnik auf Routenzug	T	Manuelle Routenzug-Beladung von Rollenbahnen auf ebenfalls mit Rollenbahntechnik ausgestattete Anhänger	A + C	[Gün-2012b, S. 56]
	Gleiche Arbeitshöhen	Mobiler, höhenverstellbarer Scherenhubtisch mit Rollenbahn	T	Gütertransfer von einer Übergaberollenbahn auf Scherenhubtisch gleicher Höhe mit Rollenbahntechnik	C	[Han-2014]
		Eindeutig definierte Regelprozesse	Arbeitsanweisungen	O	Verbindliche sowie verpflichtende Vorgaben für die ordnungsgemäße Ausführung einer bestimmten Arbeit	C
	Visualisierung von "Dos and Don'ts"		O	Sensibilisierung von Mitarbeitern hinsichtlich der angestrebten Arbeitsqualität durch das Aufzeigen von gängigen Fehlern	C	
Ziehender Fluss	Aktiver Transfer	Rutsche	T	Entladen von Schüttgut durch das Schrägstellen der Ladefläche eines Lkw	A	[Mar-1978, S. 171f.]
		Fahrerloses Transportfahrzeug mit automatischer Lastaufnahme und -abgabe	T	Unterfahren eines Palettenwagens und anschließende Mitnahme über einen ausfahrbaren Bolzen	A	[Gün-2007b, S. 148], [S-E-2011, S. 1ff.]
	Unmittelbarer Transfer	Rohrpostanlage	T	Beförderung von zylinderförmigen Transportbehältern pneumatisch durch Kunststoff- oder Edeltahlfahrrohre	C	[Hhi-2004, S. T1], [Sch-2010b, S. 4f.]
Stabilität	100% technische Ressourcenverfügbarkeit	Autonome Instandhaltung für logistische Ressourcen	O	Selbstständige Inspektion und Pflege von logistischen Arbeitsmitteln durch Logistikpersonal	C	[Rei-2007, S. 47f.]
		Geplante Instandhaltung für logistische Ressourcen	O	Gewährleistung einer 100-prozentigen Verfügbarkeit von logistischen Arbeitsmitteln	C	[Rei-2007, S. 48f.]
Synchronisation	Kompatibilität	Einheitliche Ladungsträger mit genormten Abmaßen	O	Einsatz von Europaletten sowohl im innerbetrieblichen als auch unternehmensübergreifenden Güterverkehr	C	[DIN-1989a, S. 4], [DIN-2004, S. 3ff.]
		Bedarfsorientierte organisatorische Ressourcenverfügbarkeit	Elektronisches Lieferavis	O	Vorankündigung über das Eintreffen einer Lieferung zur rechtzeitigen Vorbereitung auf den Wareneingang	C
	Zeitfenstermanagementsystem		O	Vergabe von verbindlich einzuhaltenden Verladefenstern für die Spediteure zur Reduzierung von Belastungsspitzen	C	[Car-2012, S. 3ff.], [Hag-2013, S. 100ff.], [Zob-2011, S. 42]
Ressourceneffizienz	Minimierung der Durchlaufzeit	Rockinger-Kupplung bei Routenzügen	T	Schnelle und unkomplizierte Abkopplung eines Anhängers von der Zugmaschine über eine Seilzugtechnik	C	[Jun-2006, S. E10f.]
		Auswurfmechanismus bei Entladung von Routenzügen	T	Rasches Herausschieben eines Trolleys aus Anhänger durch Überbrückung d. Anrollwiderstandes	C	[STI-2013, S. 3]
	Minimierung von Personal	Springersystem	O	Anlernen eines Mitarbeiters auf mehreren Arbeitsplätzen zum bedarfsabhängigen Einsatz in verschiedenen Bereichen	C	[Jun-2008, S. 287]
	Minimierung von Flächen	Dreiradstapler	T	Geringer Bedarf an Rangierfläche durch minimalen Wenderadius bei Dreiradstaplern	C	[Mar-2014, S. 241], [Sch-2013, S. 32f.]
	Minimierung von Arbeitsmitteln	Staplerpool	O	Zugriff verschiedener Arbeitsbereiche auf einen gemeinsamen Pool aus Staplern	C	[IPE-2014, S. 7f.], [Kuh-2005, S. 13f.], [Mar-2014, S. 253]
Langfristigkeit	Technische Flexibilität	Durchlaufregal mit modularem Stecksystem	T	Höhenjustierung bei den Durchlaufebenen und Breitenjustierung bei den Kanälen einer Ebene	C	[SSI-2014, S. 2ff.]
	Organisatorische Flexibilität	Mobiles Verladetor	T	Schnelle und einfache Versetzung eines Lkw-Anliefertores bei einer geänderten Anliefersituation	C	[Bau-2008, S. 263]
Perfektion	Stetige Optimierung der Schnittstelle	Qualitätszirkel	O	Freiwilliger Zusammenschluss von Mitarbeitern aus verschiedenen Abteilungen zur Optimierung von Arbeitsprozessen	A + B + C	[Bah-2006, S. 5ff.], [Min-2006, S. 115]
		Betriebliches Vorschlagswesen	O	Schaffung von Anreizen in Form von Prämien und Sachleistungen für das Einreichen von Verbesserungsvorschlägen	A + B + C	[Ber-2008, S. 8ff.], [Deu-2010, S. 2ff.]

<sup>1</sup> Zwei Typen: O = Organisatorisch T = Technisch

<sup>2</sup> Drei Strategien: A = Eliminierung von Schnittstellen B = Reduzierung von Schnittstellenprozessen C = Verschlankeung von Schnittstellenprozessen

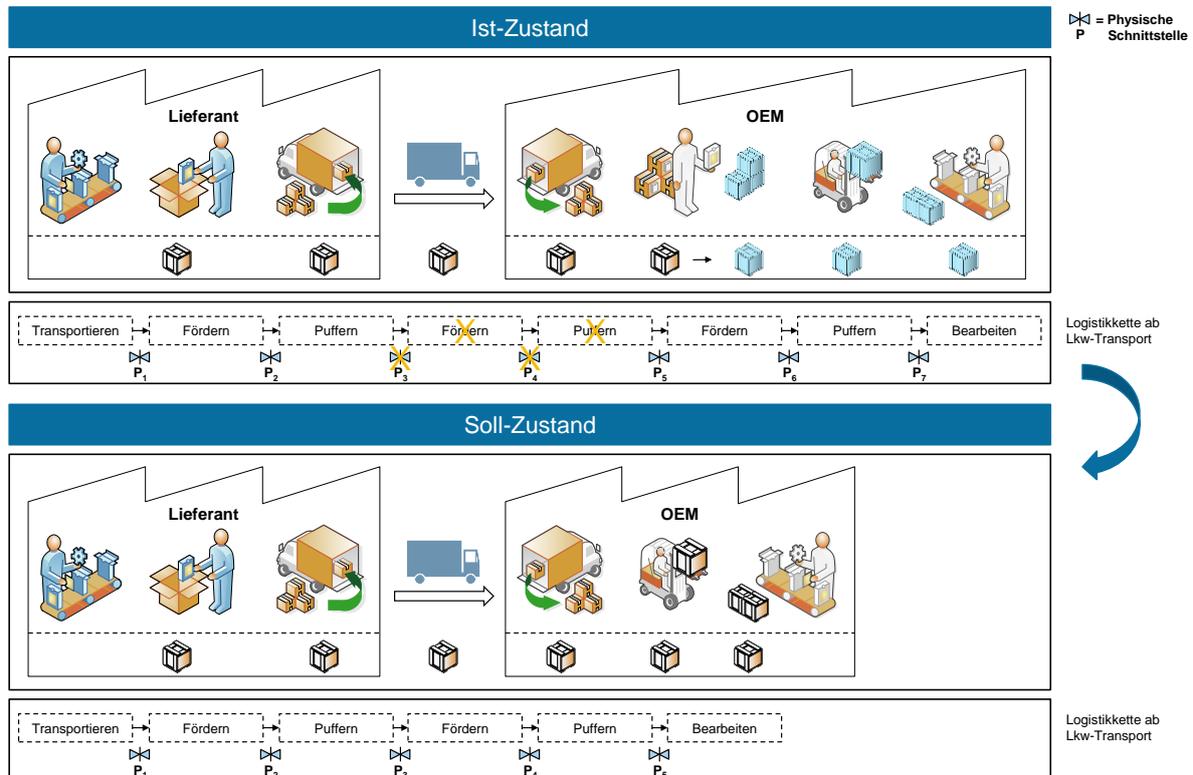
**Tabelle 5-2: Übersicht über beispielhafte Praxislösungen für physische Schnittstellen (2/2)**

### 5.1.1 Lösungsansätze nach dem Prinzip Ganzheitlichkeit

Ein probates Mittel, um physische Schnittstellen entlang einer Wertschöpfungskette zu beseitigen, liegt in der Anwendung **durchgängiger Prozesslösungen**. Gerade im Bereich des Behältermanagements besteht Optimierungsbedarf. Die Behälter

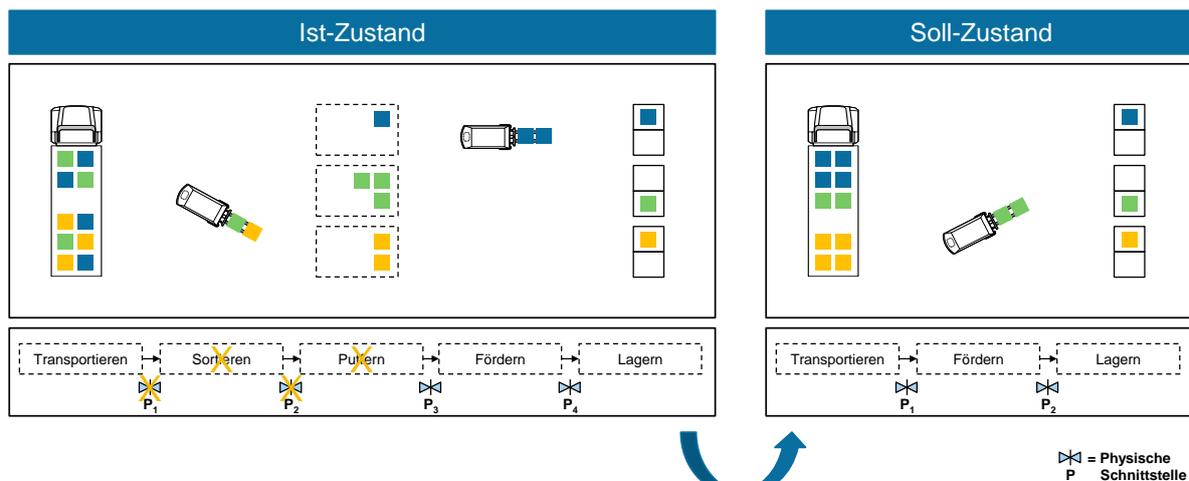
von den Lieferanten und Kunden stimmen häufig nicht überein, da bei Letzteren in der Produktion aufgrund kleiner Bereitstellmengen vielfach andere Größen gefordert sind. Folglich müssen Umpackvorgänge im Wareneingang des Kunden erfolgen, welche aus schlanken Gesichtspunkten jedoch zu vermeiden sind. Ein potentieller Ansatzpunkt in diesem Zusammenhang ist die Verwendung von durchgängigen Ladehilfsmitteln, welche sich an den Wünschen des Kunden orientieren ([Mei-2009a, S. 282], [Wan-2010, S. 58]). Am Lehrstuhl fml der Technischen Universität München wurde nun ein Behälterkonzept entworfen (siehe Anhang B), das sich mit der Verpackung auftragsbezogener Kommissioniersets beim Lieferanten befasst. Dessen Grundidee zielt darauf ab, Umpackaufwände und somit auch Schnittstellen im Prozessverlauf zu eliminieren, indem das entwickelte Behälterdesign bereits sämtliche Kundenvorgaben aus der Montage beinhaltet. Zur Sicherstellung eines unternehmensübergreifenden Einsatzes galt es darüber hinaus auch Anforderungen aus anderen betroffenen Bereichen in der Logistikkette zu berücksichtigen. Beispielsweise musste auf eine ergonomische Beschickung des Behälters in der Kommissionierung und auf bestimmte Richtlinien zur Ladungssicherung auf Seiten des externen Transportes geachtet werden. Da in der internen Materialversorgung mittlerweile vermehrt auf Routenzüge gesetzt wird, wurde ein eigenständiges Fahrwerk als weitere Behältereigenschaft aufgenommen [Knö-2012, S. 26f.]. Abbildung 5-1 zeigt den Entfall von physischen Schnittstellen bei der Anwendung eines durchgängigen Behälterkonzeptes.

## 5.1 Praxislösungen für schlanke physische Schnittstellenprozesse durch Prinzipienanwendung



**Abbildung 5-1: Schnittstelleneeliminierung mit Hilfe eines durchgängigen Behälterkonzeptes**

Der Effekt einer Schnittstelleneeliminierung kann in manchen Fällen ebenso durch die **Vorverlagerung von Logistikfunktionen** erreicht werden, sofern hierfür die organisatorischen Voraussetzungen geschaffen werden. Ein klassisches Beispiel beschreibt die Beladung eines Lkw nach vorgegebenen Sortierkriterien anstatt auf willkürliche Weise. Somit wird ein Sortiervorgang beim Kunden im Anschluss an die Lkw-Entladung hinfällig, wodurch auf zwei physische Schnittstellen im Materialfluss – wie in Abbildung 5-2 dargestellt – verzichtet werden kann. Eine Vorsortierung der Waren beim Lieferanten oder Logistikdienstleister funktioniert allerdings nur, wenn die entsprechenden Informationen frühzeitig bekannt sind und zur Verfügung gestellt werden.



**Abbildung 5-2: Schnittstelleneliminierung durch Vorsortierung von Gütern**

Eine Logistikfunktion kann – wie im Falle einer sequenzgenauen Teileproduktion beim Lieferanten – noch weiter flussaufwärts verlagert werden. Durch die Fertigung von Baugruppen bereits in der vom Kunden geforderten Reihenfolge werden nachgelagerte Sequenzvorgänge obsolet. Die damit verbundenen Schnittstellen entfallen ebenfalls. In der Praxis ist das Zeitfenster zwischen dem Materialabruf des Kunden und der physischen Teileanlieferung jedoch häufig zu klein, so dass eine Produktion erst bei Auftragseingang eine verspätete Warenbereitstellung beim Kunden zur Folge hätte. Daher erfolgt bei Just-in-Sequence-Prozessen in der Automobilindustrie die Bildung der Montagesequenz für einzelne Teileumfänge aktuell oftmals aus einem Lager heraus, welches bevorzugt von einem Logistikdienstleister betrieben wird. Jedoch gibt es Bestrebungen auf Seiten der OEM, die Vorlaufzeit für die Materialabrufe deutlich zu verlängern. Die Grundlage dafür bilden eine hohe Stabilität und Zuverlässigkeit in der Reihenfolge der kommunizierten Aufträge (siehe [Gri-2012] und [Mei-2009b]).

### 5.1.2 Lösungsansätze nach dem Prinzip Integration

Intelligente Lösungen aus Schnittstellensicht resultieren auch bei der **Kombination von unterschiedlichen Logistikfunktionen**, indem jene in einem System vereint werden. Die Praxis bietet dafür zahlreiche Beispiele wie etwa eine Teileanlieferung nach dem Warehouse-on-Wheels-Konzept. Hierbei übernimmt ein Lkw-Trailer eine Doppelfunktion, indem er sowohl als Transportmittel als auch bedarfsortnaher Materialpuffer beim Kunden dient. Die Teilebereitstellung in der Fertigung erfolgt unmittelbar aus dem Trailer, so dass die Ladung nicht zuerst auf eine Pufferfläche im Wareneingang entladen werden muss. Somit kann nicht nur wertvolle Gebäudeflä-

## 5.1 Praxislösungen für schlanke physische Schnittstellenprozesse durch Prinzipienanwendung

che eingespart, sondern gleichermaßen auf physische Schnittstellen verzichtet werden durch den Entfall einer Handlungstufe. Klug bezeichnet dieses Konzept als „schlankste Form der Schnittstelle zwischen LKW-Anlieferung und Materialbereitstellung am Verbauort“ [Klu-2010, S. 278].

Ein Stauförderer im innerbetrieblichen Materialfluss führt hingegen die beiden aufeinander folgenden Funktionen des Förderns und Pufferns aus, ohne dass dazwischen ein physischer Schnittstellenprozess erforderlich ist. Die Güter bleiben nach dem vollzogenen Ortswechsel auf dem Arbeitsmittel und verlassen dieses bis zu ihrer späteren Entnahme nicht. Zu unterscheiden sind nicht angetriebene und angetriebene Stauförderer. Zu Ersteren zählt etwa eine geneigte Rollenbahn, an deren Ende sich eine Sperre befindet. Als Antriebs- und Tragelemente kommen neben Rollen auch Flach-, Keil- oder Zahnriemen sowie Gurte zum Einsatz [Arn-2008, S. 623f.].

Eine Kombination von Logistikfunktionen geschieht ferner bei dem in Kapitel 5.1.1 vorgestellten Behälterkonzept, welches über ein Fahrwerk verfügt. Dadurch fungiert der Behälter sowohl als Verpackungs- als auch Fördermittel im internen Werksverkehr. Speziell beim Einsatz von Routenzügen macht sich der Zusammenschluss der beiden Funktionen positiv bemerkbar. Der Behälter muss vor der Fahrt nicht mehr auf einem separaten Rollgestell platziert werden, um seine Transportierfähigkeit herzustellen, sondern kann direkt an die Zugmaschine gekoppelt werden [Knö-2012, S. 26f.]. Im Beispiel aus Abbildung 5-3 lassen sich auf diese Weise zwei physische Schnittstellen in der Prozesskette beseitigen.

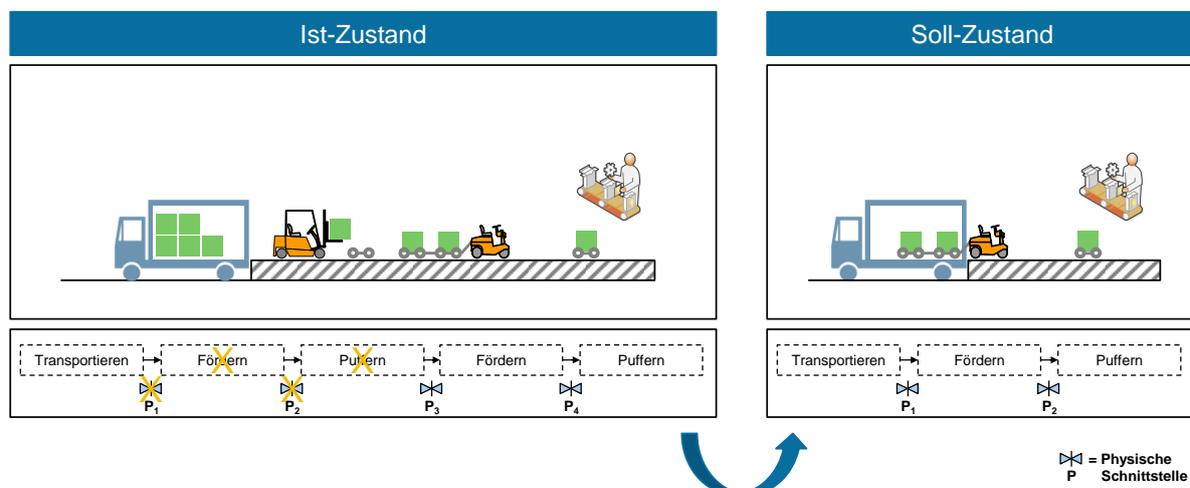
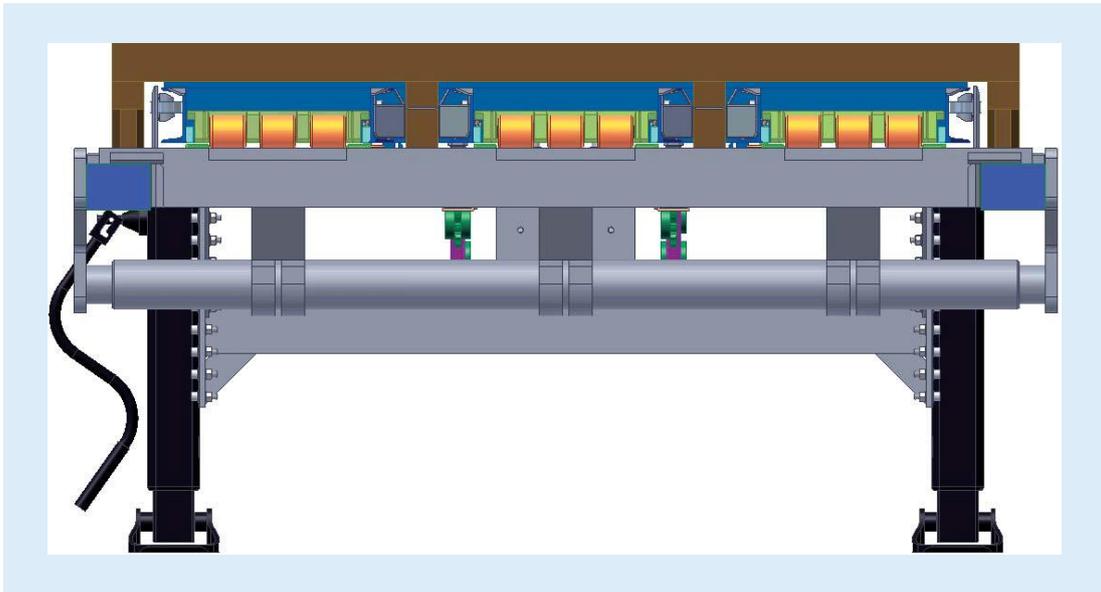


Abbildung 5-3: Schnittstelleneeliminierung durch Behälter mit integriertem Fahrwerk

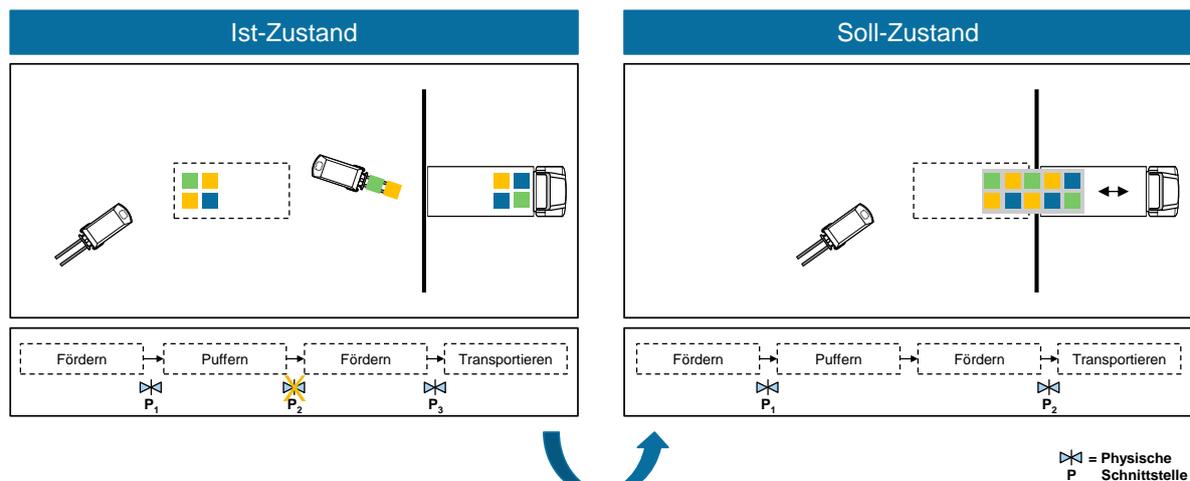
Eine weitere Möglichkeit innerhalb des Integrationsprinzips befasst sich mit der **Parallelisierung von unterschiedlichen Logistikfunktionen**, wodurch sich zwar Schnittstellen in der Regel nicht aufheben, aber zumindest verschlanken lassen. Die Ausführung eines Schnittstellenprozesses bereits während eines Vorganges, welcher ursprünglich zeitlich vorgelagert stattgefunden hat, bringt zunächst einmal eine Zeitersparnis mit sich. Infolge der Parallelisierung trägt der Schnittstellenprozess nicht mehr oder lediglich in reduziertem Ausmaß zu einer Verlängerung der Gesamtdurchlaufzeit bei. Außerdem können durch die Funktionsüberlappung Synergieeffekte erzielt werden, indem Ressourcen wie Flächen oder Personal gemeinsam genutzt werden. Als Praxisbeispiel für eine zeitgleiche Abwicklung zweier verschiedener Logistikprozesse sei die Bahnpost genannt. Hierunter ist die manuelle Sortierung von Postsendungen während ihrer Beförderung auf Schienen zu verstehen. In speziellen Bahnpostwagen wurden dabei im Laufe der Fahrt von einem Beamten pro Stunde etwa 1.600 bis 1.800 Briefe auf ortsbezogene Fächer aufgeteilt. Der Bahnpostverkehr wurde allerdings Ende Mai 1997 in Deutschland eingestellt ([Bud-2002, S. 6], [Mei-2002, S. 16]). Die zugrunde liegende Idee kann hingegen auf andere Anwendungszwecke übertragen werden. Denkbar wäre unter Umständen eine auftragspezifische Kommissionierung von Gütern aus einem entsprechenden Sortiment während des Bahntransportes. Auf diese Weise würde der Kommissioniervorgang inklusive der damit einhergehenden Schnittstellenprozesse keinen zusätzlichen Zeitanteil entlang der Logistikkette in Anspruch nehmen, wie es bei einem sequenziellen Ablauf der Fall wäre.

Im Logistikalltag werden Prozesse in einem Wertstrom bei der Abwicklung eines Auftrages nicht selten mehrmals hintereinander ausgeführt. Folglich müssen auch vorhandene Schnittstellen wiederholt durchlaufen werden. Um die Effizienz zu steigern, gilt es nach Ansätzen zur **Bündelung gleicher Logistikfunktionen** zu suchen. Ein offensichtliches Potential bietet die klassische Beladung eines Lkw mit Hilfe eines Staplers. Hierbei sind zahlreiche Güteraufnahme-, Förder- sowie Güterabgabeprozesse von Nöten, bis die gesamte Ladung von einer Pufferfläche im Warenausgang auf einen Lkw transferiert wurde. Eine technische Lösung verspricht der „Container-Filler“ der Firma IBS, womit das Prinzip eines mobilen Ladebodens verfolgt wird. Das System besteht – wie in Abbildung 5-4 dargestellt – aus einem stationären Grundrahmen, an welchem höhenverstellbare Stützenfüße fixiert sind. Darauf befindet sich ein Hubrahmen, der auf Rollen gelagert ist und per Druckluft angehoben werden kann. Auf jenem liegt schließlich ein Ladeboden in Palettenform mit den zu transportierenden Gütern.



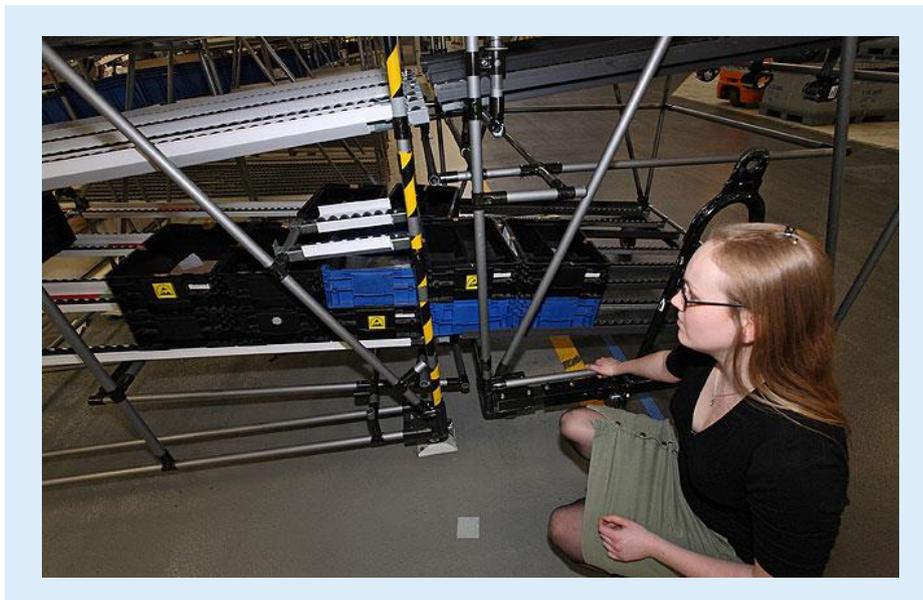
**Abbildung 5-4: Vorderansicht eines Systems mit mobilem Ladeboden [IBS-2014, S. 2]**

Zur Beladung eines Lkw wird zunächst der Grundrahmen angedockt, bevor der Hubrahmen angehoben und über einen beidseitigen Kettenantrieb in den Lkw-Container gefahren wird. Dort wird der Hubrahmen anschließend wieder abgesenkt und aus dem Container gezogen. Auf diese Weise können ursprünglich mehrere Beladevorgänge zu einem einzigen Vorgang zusammengefasst werden. Die Entladung eines Lkw ist ebenfalls über den „Container-Filler“ möglich [IBS-2014, S. 2]. Mit Blick auf das beschriebene Beladeszenario lässt sich festhalten, dass die Schnittstelle beim Übergang der Waren auf das Transportmittel zwar bestehen bleibt, allerdings nur noch einmal passiert werden muss. Das sukzessive Aufnehmen der verladebereiten Güter durch einen Stapler wird – wie Abbildung 5-5 zeigt – sogar überflüssig. Lediglich die Beschickung des Ladebodens verläuft analog zur bisherigen Warenbereitstellung auf der Pufferfläche, so dass jene Schnittstellenprozesse weiterhin in unveränderter Form anfallen.



**Abbildung 5-5: Schnittstelleneliminierung durch mobilen Ladeboden**

Derselbe Grundgedanke kann auch auf die Materialbereitstellung in der Produktion angewendet werden. Ein konventioneller Versorgungsprozess gestaltet sich häufig derart, dass Behälter mit einem Routenzug an einen Montagelinientakt gefahren werden, um dort in einem nächsten Schritt manuell bereitgestellt zu werden. Jeder einzelne Behälter wird am Bedarfsort zunächst durch einen Mitarbeiter vom Transportregal des Routenzuges entnommen und anschließend in den entsprechenden Kanal eines Bereitstellregales geschoben. Es ergeben sich somit zwei Schnittstellenprozesse, die bei jedem der zahlreichen Beschickungsvorgänge anfallen. Eine deutlich schnellere und direktere Lösung für diesen Anwendungsfall präsentiert Volkswagen am Standort Wolfsburg mit dem sogenannten Shootersystem. Hierbei dockt das Transportregal – wie aus Abbildung 5-6 ersichtlich wird – unmittelbar an das stationäre Bereitstellregal an. Da beide Elemente des Systems über geeignete Rollenbahnen verfügen, können die befüllten Behälter nach Auslösung eines Mechanismus vom ersten auf das zweite Regal unter Ausnutzung der Schwerkraft übergehen. Im Gegenzug rollen leere Behälter vom Bereitstell- auf das Transportregal zurück [Czw-2010]. Durch das Shootersystem lässt sich – analog dem „Container-Filler“ – die Schnittstelle beim Übergang der Güter auf das Bereitstellregal nicht vermeiden, sie wird jedoch von allen Behältern fast zeitgleich durchlaufen. Diejenige Schnittstelle, bei der die Waren vom Transportregal auf den Menschen übergewechselt sind, entfällt hingegen gänzlich.



**Abbildung 5-6: Shootersystem in der Materialbereitstellung [Czw-2010]**

Ein Bündelungseffekt in der Materialbereitstellung kann auch durch die Bildung von sogenannten Warenkörben erzielt werden. Darunter ist eine fahrzeugspezifische Kommissionierung mehrerer unterschiedlicher Montageteile zu verstehen. Anstatt jene an mehreren Stellen im Prozess einzeln bereitzustellen, werden sie in einem Warenkorb gesammelt und am ersten Montagetak an den Werker übergeben. Dort wird der Warenkorb am Fahrzeug fixiert und begleitet dieses anschließend bis zu dessen Fertigstellung. Die taktübergreifend zusammengestellten Bauteile werden dabei gemäß ihrer späteren Verbaureihenfolge angeordnet. Volumenbedingt werden in der Regel nur kleinere und mittlere Bauteile berücksichtigt. Sehr kleine Normteile werden ebenso wie große und schwere Teile weiterhin separat an die entsprechenden Einbautakte geliefert ([Klu-2010, S. 198f.], [Vah-2008, S. 107]). Das Warenkorbkonzept sorgt durch die zentrale Teilebereitstellung an einem Ort für eine Eliminierung von Schnittstellen bei der Materialzuführung in der Montage.

### **5.1.3 Lösungsansätze nach dem Prinzip Mitarbeiter**

Durch Veränderungen bei der Anordnung und Verknüpfung einzelner Logistikfunktionen im Wertstrom können – wie die Kapitel 5.1.1 und 5.1.2 gezeigt haben – vielerlei Möglichkeiten geschaffen werden zur Eliminierung von Schnittstellen. Eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung durchgängig schlanker Prozessketten spielt allerdings ebenso die effektive und effiziente Abwicklung derjenigen Schnittstellen, welche als unumgänglich eingestuft werden. Gerade die Mitarbeiter als wichtigste

Ressourcen in einem Unternehmen sowie deren **Arbeitssicherheit** rücken dabei zunehmend in den Fokus. Unter den klassischen Schnittstellenprozessen in der Logistik birgt vor allem die Verladung eines Lkw ein hohes Gefahrenpotential, weshalb die Firma Hörmann mit dem „Dock Control“ ein umfassendes Konzept zur Erhöhung der Sicherheit an der Ladebrücke entwickelt hat. Durch technische Vorrichtungen werden sämtliche Phasen einer Verladung überwacht. Das System blockiert unsichere Handlungen und warnt das Personal bei auftretenden Gefahren. Um zu gewährleisten, dass die Verladebrücke während des Gütertransfers nicht von der Ladefläche des Lkw abrutscht, muss zunächst für ein präzises Andocken des Lkw gesorgt werden. Ein Sensor im Andockpuffer unterstützt den Fahrer bei der Herstellung der korrekten Entfernung zur Laderampe. Das Erreichen der optimalen Position wird anschließend über eine Ampelanlage entsprechend signalisiert. Danach wird das Wegrollen des Lkw während des Verladevorganges verhindert, indem jener über einen Radkeil mit integriertem Sensor gesichert wird. Erst nach der Erteilung eines Freigabesignals kann das Industrietor geöffnet werden. Dadurch soll einer Absturzgefahr für Mitarbeiter und Equipment bei offenem Tor vorgebeugt werden. Nachdem die Verladebrücke auf dem Lkw platziert wurde, kann der Verladeprozess gestartet werden. Hierbei wird wiederum auf eine aktive Sicherheit geachtet. So wird etwa eine ungewollte Bewegung des Lkw über den Entfernungsmesser im Andockpuffer erfasst und unverzüglich an die Verladerampe über visuelle und akustische Signale kommuniziert ([Hör-2013, S. 29], [Pia-2011, S. 42]).

Neben der Installation von technischen Systemen können vor allem organisatorische und verhaltensbezogene Maßnahmen zu einer Steigerung der Arbeitssicherheit in der Logistik beitragen. Ein großes Unfallrisiko resultiert in den Unternehmen nach wie vor aus dem Einsatz von Gabelstaplern. Enge und unübersichtliche Fahrwege, ein oftmals eingeschränktes Sichtfeld sowie eine hohe Fußgängerdichte erfordern eine aufmerksame Fahrweise, um Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern zu vermeiden. Aus diesem Grund führte die AUDI AG im Jahre 2010 eine „Stapler-WM“ an ihren Standorten durch mit der Zielsetzung, Staplerfahrer hinreichend zu sensibilisieren hinsichtlich der Gefahren im Umgang mit ihrem Arbeitsmittel. Die Mitarbeiter mussten dabei zusammen mit ihrem Stapler einen Parcours bestehend aus mehreren Stationen durchlaufen. Die zu bewältigenden Aufgaben standen in Bezug zur damals stattfindenden Fußball-Weltmeisterschaft. So musste zum Beispiel die Hubhöhe einer Gitterbox aus einer definierten Entfernung zu einem Tor derart abgeschätzt werden, dass sich zwischen ihrer Oberkante und der Querlatte ein Abstand von 20 Zentimetern ergibt. Eine weitere Herausforderung

bestand darin, Behälter bei engen Platzverhältnissen zu sortieren, ohne hierbei die vorgegebenen Markierungen zu überfahren. Durch die Kombination aus praxisnahen Übungen und Geschicklichkeitsspielen konnten individuelle Schwachstellen bei den einzelnen Mitarbeitern identifiziert werden [Dre-2011, S. 16ff.].

Um die Gesundheit und das Konzentrationsvermögen von Personen bestmöglich erhalten zu können, muss ein Augenmerk auf die **Ergonomie** bei der Planung und Gestaltung von Arbeitsabläufen gelegt werden. Insbesondere diejenigen Bereiche der Logistik, welche Witterungseinflüssen ausgesetzt sind, weisen nicht selten suboptimale Arbeitsbedingungen auf. Die Mitarbeiter im Wareneingang bzw. Warenausgang sind häufig nur ungenügend vor Regen, Schnee, Kälte, Wind und Zugluft geschützt. Abhilfe können Verladetore schaffen, die eine Abdichtung zwischen einem angedockten Lkw und dem Gebäude ermöglichen. Als Materialien hierfür kommen beispielsweise aufblasbare Bälge, Schaumkerne sowie Aluminium in Frage [Nov-2013, S. 17ff.].

Eine andere Technik sorgt für angenehme Arbeitstemperaturen in einem Lkw-Laderaum, um selbst bei extremen äußeren Hitze- oder Kältebedingungen eine hohe Leistungsfähigkeit bei den Mitarbeitern zu erzielen. Erwiesenermaßen lassen sich bereits bei mäßiger Kälte Defizite in puncto Beweglichkeit, Sensibilität sowie Geschicklichkeit feststellen. Vor diesem Hintergrund entwickelte die Firma Arnold Verladestysteme ein Belüftungskonzept mit dem Namen „Magic Air“, welches sowohl im Sommer als auch im Winter ein verträgliches Temperaturniveau im Laderaum gewährleistet. Dessen Funktionsprinzip lässt sich wie folgt beschreiben: Die Hallenluft wird durch das System angezogen und kontinuierlich in den Lkw geleitet. Dabei wird die Luft von oben eingebracht und strömt von dort in die Tiefen des Laderaumes. Jener wird dadurch stetig gekühlt bzw. erwärmt, ohne dass währenddessen eine Zugluft entsteht [Arn-2013, S. 1].

Neben Bestrebungen zur Erhöhung von Arbeitssicherheit und Ergonomie erweist sich die Organisation von **Gruppenarbeiten** als weiterer Motivationsfaktor für die Mitarbeiter. Jene sind dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Kollegen im Team an der Erfüllung einer weitestgehend in sich geschlossenen Aufgabe arbeiten. Deren Ausführung wird selbstständig koordiniert. Ebenso erfolgt eine Selbstkontrolle der erreichten Ergebnisse. Der Erfolg einer Gruppenarbeit hängt wesentlich von den Fach-, Methoden- und Sozialkompetenzen der einzelnen Gruppenmitglieder ab [Dom-2009, S. 260]. Ein Instrument zur Förderung des Teamgedankens stellen re-

regelmäßig stattfindende Gruppengespräche dar. Bei dieser Form des kommunikativen Austausches kommt die Gruppe zusammen, um Probleme zu diskutieren, gemeinsam entsprechende Lösungen zu erarbeiten und somit den kontinuierlichen Verbesserungsprozess voranzutreiben. Es wird eine Plattform geschaffen, die auch dazu dienen kann, Schwierigkeiten und Defizite bei der Abwicklung von Schnittstellenprozessen anzusprechen. Ferner werden bei den Treffen Informationen über Neuerungen oder Audits in die Gruppe transferiert. Vielfach ist mit einer Anwesenheit des Gruppenleiters zu rechnen, so dass aufkommende Fragestellungen unmittelbar geklärt werden können. Die Organisation und Leitung eines Gruppengesprächs fällt in den Aufgabenbereich des Gruppensprechers, welcher zugleich als Vertreter der Gruppe nach außen fungiert. Bei der zeitlichen Festsetzung der Treffen gilt es auf eine möglichst hohe Teilnehmerzahl zu achten. Bei einem Schichtbetrieb bieten sich beispielsweise Nachmittagstermine an, um sowohl die Früh- als auch die Spätschicht zu erreichen ([Koc-2000, S. 176ff.], [Min-2006, S. 129]).

### 5.1.4 Lösungsansätze nach dem Prinzip Ordnung und Sauberkeit

Um Suchaufwände in Bezug auf Equipment und Informationen bei der Ausführung eines Schnittstellenprozesses zu vermeiden, bedarf es eines Arbeitsumfeldes, das von Ordnung und Sauberkeit geprägt ist. Im Zusammenhang mit einem **Arbeitsplatz-Management** hat sich in der Praxis die 5S-Methode etabliert, deren Zweck in der nachhaltigen Schaffung von saubereren, sicheren und standardisierten Arbeitsplätzen liegt. Die Methode lässt sich dabei in die fünf Vorgehensschritte Selektieren, Sortieren, Säubern, Standardisieren und Selbstdisziplin gliedern. Innerhalb des Selektierens werden zunächst all jene Gegenstände vom Arbeitsplatz entfernt, welche nicht mehr benötigt werden. Als Entscheidungsgrundlage dient deren Gebrauchshäufigkeit. Sollte bei einem Objekt nicht ad hoc entschieden werden können, ob es hierfür zukünftig noch Verwendung gibt, so kann es mit einem Verfallsdatum versehen werden. Wenn bis zu dessen Ablauf keine Rückmeldung eingeht, wird dieser Gegenstand weggeworfen. In einer zweiten Stufe werden alle als relevant klassifizierten Objekte sortiert, indem ihnen jeweils ein fixer, entsprechend gekennzeichnete Platz zugewiesen wird. Werkzeuge werden beispielsweise manchmal auf einer sogenannten „Schattenwand“ (englisch shadow board) angeordnet, worauf deren Umrisse aufgezeichnet sind. Dadurch wird sofort ersichtlich, an welchen Stellen die einzelnen Werkzeuge zu platzieren sind. Anschließend wird mit dem Säubern des Arbeitsplatzes die dritte Phase eingeleitet. Es empfiehlt sich hierbei, Verantwortlichkeiten festzulegen und einen Plan für regelmäßige Reini-

gungsaktionen zu entwerfen. Die vorletzte Stufe der 5S-Methode befasst sich mit der Definition von standardisierten Abläufen für die ersten drei Schritte. Zuletzt ist für Selbstdisziplin zu sorgen, indem der 5S-Zyklus im Alltag Einzug hält und eigenständig durchgeführt wird. Außerdem gilt es die festgesetzten Standards ständig weiterzuentwickeln [Dom-2009, S. 256].

Ein wichtiger Baustein für ein übersichtliches und transparentes Arbeitsumfeld ist auch das **visuelle Management**. Dessen Ziele liegen zum einen darin, den aktuellen Zustand eines Produktions- oder Logistikprozesses sowie Abweichungen von einem gewünschten Zustand sofort erkennen zu können. Auf der anderen Seite sollen durch eine Visualisierung alle relevanten Informationen zur Verfügung gestellt werden. Auf diese Weise wird eine zusätzliche Datenbeschaffung aus einem IT-System oder einer anderen Abteilung überflüssig, wodurch informationelle bzw. menschliche Schnittstellen vermieden werden können. Die Methoden des visuellen Managements sind vielfältig. In der Praxis häufig zu beobachten sind Bodenmarkierungen. Dabei werden für die Logistik vorgesehene Flächen entsprechend gerahmt, so dass zum Beispiel Überbestände durch das Überschreiten der definierten Grenzen offensichtlich werden. Außerdem dienen die Markierungslinien dazu, unterschiedliche Funktionsflächen klar voneinander zu trennen. Das Anbringen von Kennzeichnungen beschreibt eine weitere sinnvolle Maßnahme, um den Mitarbeiter etwa beim Abstellen oder Ablegen von Gütern im Rahmen eines manuellen Sortiervorganges zu unterstützen. Durch die Verwendung von unterschiedlichen Farben, Nummern oder Symbolen können Suchzeiten und gleichermaßen die Verwechslungsgefahr reduziert werden. Regalbeschriftungen im Lager oder am Bereitstellort in der Fertigung gelten mittlerweile als Standardlösung in einem schlank geführten Unternehmen (siehe Abbildung 5-7) [Dom-2009, S. 258].

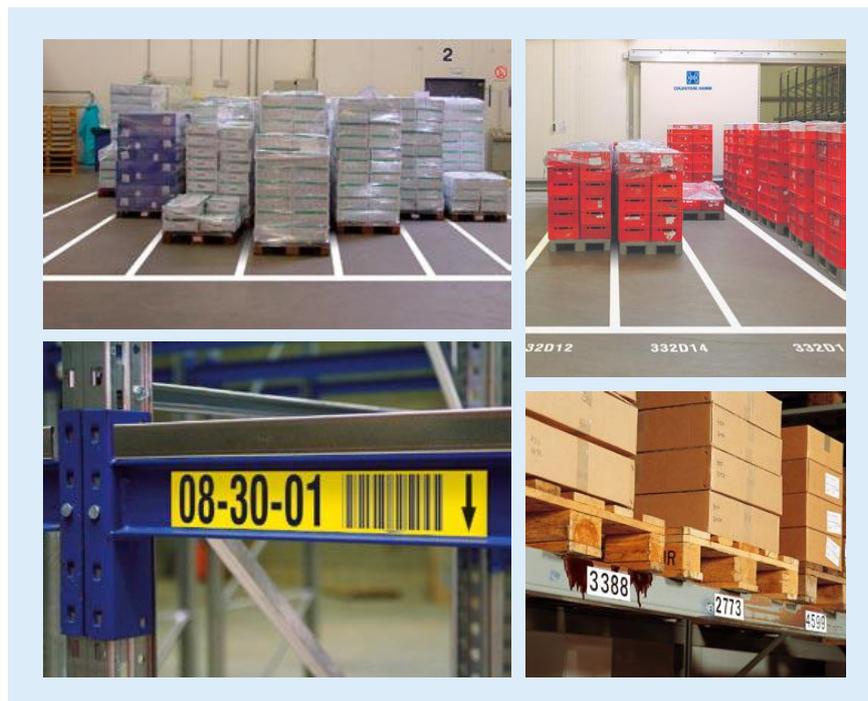


Abbildung 5-7: Exemplarische Bodenmarkierungen und Beschriftungen [ONK-2007, S. 7ff.]

### 5.1.5 Lösungsansätze nach dem Prinzip Null Fehler

Schnittstellen in einer Wertschöpfungskette stellen potentielle Fehlerquellen dar. So kann etwa ein Gut beim Handling beschädigt werden oder eine Teileverwechslung bei der Artikelentnahme entstehen. In diesem Moment werden wesentliche Kundenanforderungen verletzt, da die Qualität der übergebenen Ware nicht den Erwartungen entspricht bzw. das falsche Produkt geliefert wird. Ein schlanker Schnittstellenprozess zeichnet sich allerdings durch eine fehlerfreie Abwicklung aus. Eine Voraussetzung hierfür ist der Einsatz eines **qualifizierten Personals**. Neben theoretischen Maßnahmen wie regelmäßigen Schulungen sowie Weiterbildungen existieren auch praktische Ansätze, welche das Wissen und die Erfahrung der Mitarbeiter ausdehnen können. Eine praxisorientierte Qualifizierung kann etwa über sogenannte Schnittstellen-Workshops innerhalb des operativen Tagesgeschäftes erfolgen. Deren Zielsetzung liegt konkret darin, die interne Zusammenarbeit an Schnittstellen zu verbessern und die beteiligten Personen besser zu vernetzen. Jene werden zu diesem Zweck in einem moderierten Workshop zusammengeführt, um Probleme an den Schnittstellen zu diskutieren. Vor dem Hintergrund bestehender Kunden-Lieferanten-Beziehungen werden gemeinsam Lösungen entwickelt und umgesetzt, welche zur Erhöhung der internen Kundenzufriedenheit beitragen sollen. Dazu werden Möglichkeiten geschaffen, sich in die Arbeit des jeweils Anderen hineinzu-

versetzen und ein fundiertes Verständnis für dessen Tätigkeiten zu erhalten. Durch den geistigen Wechsel eines Logistiklers beispielsweise in die Rolle eines Montagemitarbeiters werden die Auswirkungen eines defekten oder falsch bereitgestellten Bauteiles deutlich transparenter. Für eine erfolgreiche Anwendung der Methode empfiehlt sich eine regelmäßige Durchführung der Workshops. Zudem hat der Moderator für einen respektvollen und fairen Umgang unter den Teilnehmern zu sorgen. Speziell im Rahmen der Problemidentifikation gilt es gegenseitige Schuldzuweisungen frühzeitig zu unterbinden [Fin-2009, S. 101ff.].

Das primäre Ziel beim Null-Fehler-Prinzip liegt in der präventiven Vermeidung von Fehlern. Daher rücken bevorzugt **Poka Yoke-Techniken** in den Vordergrund, um Prozesse zu beherrschen und falsche Handlungen erst gar nicht entstehen zu lassen. Einen fehleranfälligen Prozess in der Logistik stellt die manuelle Kommissionierung dar. Im Rahmen einer Untersuchung des Lehrstuhls fml der Technischen Universität München wurde eine Fehlerquote von durchschnittlich circa 0,3 Prozent bei einer klassischen Belegkommissionierung ermittelt. Die Fehlerarten können dabei unterschiedlicher Natur sein. Denkbar ist etwa die Entnahme eines falschen Artikels, eine zu hohe bzw. zu geringe Stückzahl oder das Überspringen einer Position [Ram-2012, S. 1f.]. Eine organisatorische Möglichkeit, um etwa Fehlteilen entgegenzuwirken, bietet die teilespezifische Fachzuordnung bei der Verwendung von Warenkörben (siehe hierzu auch Kapitel 5.1.2). Sollte ein Fach am Ende der Kommissionierung nicht befüllt sein, so lässt dies unmittelbar auf einen fehlenden Artikel bzw. nicht ausgeführten Schnittstellenprozess schließen. Durch das offensichtliche Erkennen dieses Umstandes kann sofort reagiert werden, wodurch ein eventueller Bandstillstand vermieden wird. Um neben der Vollständigkeit ferner dafür zu sorgen, dass die entnommenen Güter in den richtigen Fächern abgelegt werden, können zusätzlich Schaumstoffeinlagen mit individuellen Aussparungen je Bauteil eingesetzt werden. Somit kann jeder Artikel ausschließlich den für ihn vorgesehenen Platz im Warenkorb einnehmen [Klu-2010, S. 198].

Von großer Bedeutung ist auch eine fehlerfreie Teileentnahme in der Montage. Mit Blick auf die hohen Folgekosten und aufwändigen Nacharbeitsprozesse aufgrund eines falsch verbauten Artikels lohnt es sich, Maßnahmen zu ergreifen, die auf eine Reduzierung des Fehlerrisikos abzielen. Exemplarisch sei an dieser Stelle die Überwachung der Greifprozesse bei der manuellen Kleinteilekommissionierung angeführt. Die Firma SAFELOG hat hierzu ein entsprechendes System entwickelt, bei

dem ein Laserscanner – wie in Abbildung 5-8 illustriert – die Koordinaten der Greifhand ermittelt. Hieraus lässt sich ableiten, ob die Teileentnahme aus dem richtigen Regalfach erfolgt ist. Weiterhin kommt eine Pick-by-Light-Technologie zum Einsatz, welche dafür sorgt, dass bei einem korrekten Zugriff die Farbe an der Fachanzeige von rot auf grün wechselt. Anderenfalls bleibt die rote Anzeige bestehen und es wird zugleich ein Warnton ausgelöst [Son-2013, S. 93]. Durch eine rein visuelle Unterstützung des Kommissionierers über Signalleuchten ist nicht gewährleistet, dass auch tatsächlich das geforderte Gut über den anschließenden physischen Schnittstellenprozess entnommen wird. Um dies allerdings sicherzustellen, bedarf es einer Kontrolle, die zum Beispiel eine laserbasierte Zugriffsüberwachung bieten kann.



**Abbildung 5-8: Zugriffsüberwachung mittels Laserscanner bei Kommissionierung [SAF-2014]**

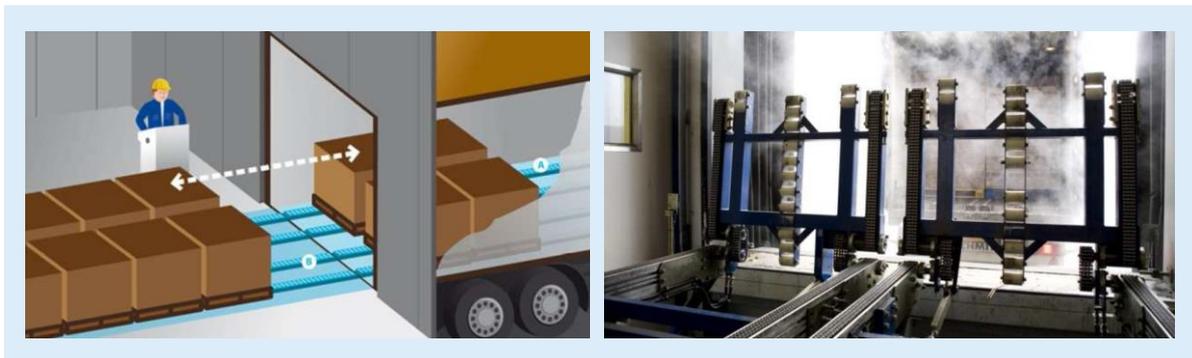
Trotz bester Präventionsmaßnahmen lässt sich das Auftreten von Fehlern vielfach nicht gänzlich verhindern. Deshalb liegt das Hauptaugenmerk des **Jidoka-Prinzips** darauf, bereits aufgetretene Fehler zu identifizieren, um eine Weitergabe an den nachfolgenden Prozess zu unterbinden. Ein gängiges Prüfmittel, welches unter anderem in der Kommissionierung zum Einsatz kommt, ist die Stückzahlwaage. Auf Basis der unterschiedlichen Eigengewichte der zu kommissionierenden Artikel können Aufträge im Hinblick auf ihre Vollständigkeit kontrolliert werden. Die Prüfung findet – je nach dem, ob ein stationäres oder mobiles Wiegesystem vorliegt – entweder am Entnahmeort statt oder an einem ortsfesten Prüfpunkt. Dieses Verfahren

setzt allerdings voraus, dass die einzelnen Artikelgewichte im Materialstamm hinterlegt sind und entsprechend gepflegt werden [Hom-2010, S. 45f.].

Mithilfe eines weiteren technischen Ansatzes wird überprüft, ob ein Staplerfahrer den richtigen Ladungsträger ausgewählt hat, bevor zum Beispiel die Fahrt in ein Lager erfolgt. Hierzu bedarf es eines Abgleiches zwischen dem geforderten und dem tatsächlich aufgenommenen Gut. Dies kann geschehen, indem Daten auf dem Informationsträger einer Palette automatisch über ein Lesegerät erfasst und zu Kontrollzwecken an ein Staplerterminal weitergeleitet werden. Als potentielle Realisierungsform kommt die RFID-Technologie in Frage. Am Lehrstuhl fml wurde daher eine Lösung zur sicheren Palettenidentifikation entwickelt, welche die Integration einer RFID-Antenne in die Gabelzinken eines Staplers vorsieht. Ebenso müssen Transponder in die einzelnen Paletten eingebracht werden, so dass jene beim Einfahren der Gabel entsprechend ausgelesen werden können. Durch das anschließende Übertragen der relevanten Informationen auf das Staplerterminal kann die Korrektheit der Güteraufnahme überprüft werden [Gün-2009, S. 124ff.].

### 5.1.6 Lösungsansätze nach dem Prinzip Standardisierung

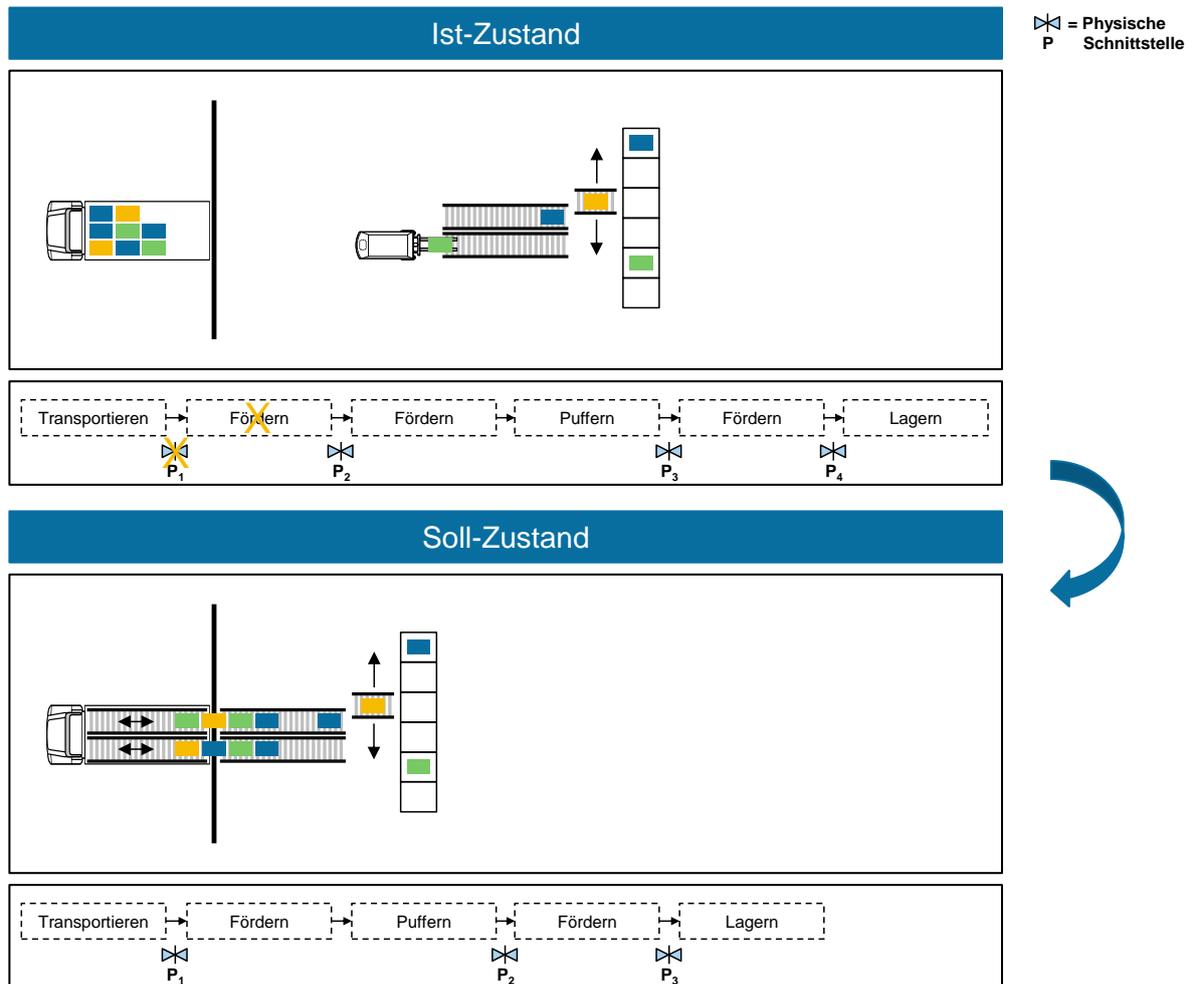
Möglichst reibungslose Übergänge an Schnittstellen können Standardisierungen sowohl im technischen als auch organisatorischen Bereich begünstigen. Bei der Planung von Materialflüssen empfiehlt es sich daher, auf eine weitestgehend **einheitliche Systemtechnik** in den einzelnen Prozessen zu achten. Beim Wechsel eines Gutes zwischen zwei Arbeitsmitteln, denen die gleiche Technik zugrunde liegt, ist die Gefahr von Komplikationen und Verzögerungen in der Regel eher gering. Vor dem Hintergrund einer durchgängig automatisierten Logistikkette vom Lager bis zum Warenausgang gewinnen automatische Lkw-Verladeprozesse an Bedeutung. Jene setzen sich – wie in Abbildung 5-9 dargestellt – aus zwei kooperierenden förder-technischen Systemen zusammen, von denen sich eines im Lkw-Auflieger und ein weiteres in Form einer stationären Anlage innerhalb der Verladezone eines Gebäudes befindet.



**Abbildung 5-9: Automatische Lkw-Verladeprozesse [Soc-2010, S. 1ff.]**

Nach dem Andocken des Aufliegers an das interne Fördersystem können die versandbereiten Güter binnen kurzer Zeit verladen werden. Ein Entladevorgang im Wareneingang erfolgt in analoger Art und Weise. Die Bandbreite an möglichen Fördertechniken für eine automatische Be- und Entladung ist vielfältig. In der Praxis werden neben Kettenförderern, Lamellenbahnen, Rollenbahnen und Förderbändern auch Skate-, Teppich- sowie Walking-Floor-Systeme eingesetzt. Als Grundvoraussetzung für die Automatisierung gilt die Verwendung von formstabilen Förderhilfsmitteln und Ladeeinheiten. Die zwei wesentlichen Vorteile von automatischen Verladesystemen liegen in Personaleinsparungen und reduzierten Prozesszeiten. So dauert etwa das Ein- bzw. Ausladen der sogenannten „Speedloader“-Trailer der Firma Westfalia nur knapp zwei Minuten. Dem gegenüber stehen jedoch hohe Erstinvestitionen, da sowohl am Auflieger als auch an der Rampe Modifikationen vorgenommen werden müssen ([Pia-2005, S. 32], [Soc-2010, S. 5ff.]). Weiterhin sei angemerkt, dass im Vergleich zu einem klassischen Verladeprozess mit einem Stapler eine physische Schnittstelle entfällt (siehe Abbildung 5-10).

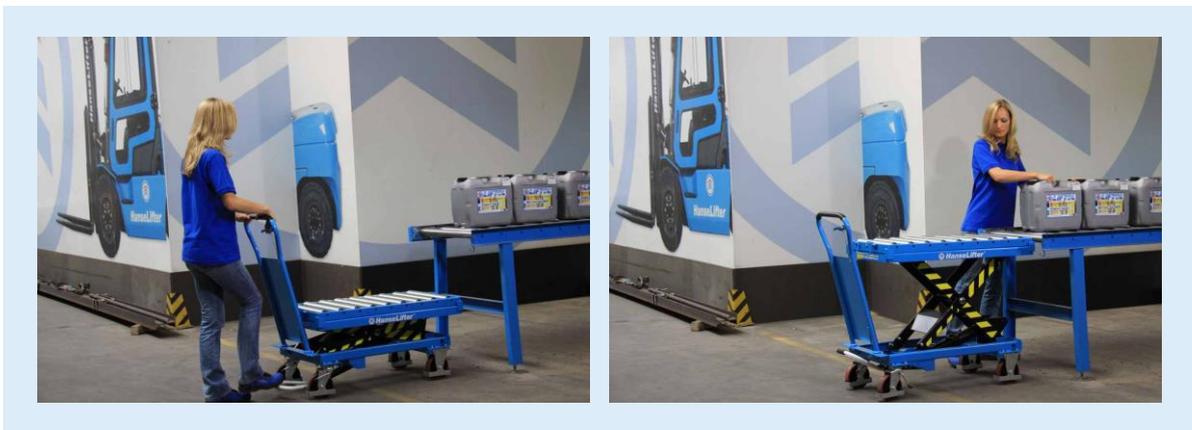
## 5.1 Praxislösungen für schlanke physische Schnittstellenprozesse durch Prinzipienanwendung



**Abbildung 5-10: Schnittstelleneliminierung durch integrierte Fördertechnik auf Lkw**

Die Forderung nach einer einheitlichen Systemtechnik besteht auch in der Intralogistik. Im Bereich der Materialversorgung erweisen sich die Prozesse zur Beladung von Routenzügen oftmals als zeitintensiv. Dabei werden Großladungsträger zum Beispiel mithilfe eines Staplers unter einem gewissen Positionieraufwand auf die Plattformwagen eines Zuges gesetzt. Eine alternative Beladeoption besteht darin, die Behälter auf Rollenbahnen bereitzustellen und anschließend manuell auf ebenfalls mit Rollenbahntechnik ausgestattete Routenzug-Anhänger zu schieben [Gün-2012b, S. 56]. Durch ein derartiges Beschickungskonzept ergibt sich ein Schnittstellenprozess, welcher lediglich eine geringe Handlingzeit in Anspruch nimmt, ohne dabei auf einen Stapler oder Gabelhubwagen angewiesen zu sein. Außerdem kann durch den direkten Übergang des Behälters auf den Routenzug wiederum auf eine physische Schnittstelle in der Logistikkette verzichtet werden.

Ein wichtiges Prinzip im Rahmen der Standardisierung ist auch die Schaffung **gleicher Arbeitshöhen**. Beim Wechsel eines Gutes beispielsweise zwischen zwei Arbeitsmitteln oder von einer Person auf ein Arbeitsmittel müssen somit keinerlei Höhendifferenzen überwunden werden. Das führt nicht nur zu einer Beschleunigung des Schnittstellenprozesses, sondern es werden gleichzeitig auch unergonomische Körperhaltungen etwa infolge von Bückvorgängen vermieden. Eine technische Lösung aus dem innerbetrieblichen Logistikalltag zeigt Abbildung 5-11. Hierbei kommt ein mobiler und höhenverstellbarer Scherenhubtisch, welcher sich an der Arbeitshöhe eines vorgelagerten Übergabepuffers orientiert, als Fördermittel zum Einsatz. Dadurch können die bereitgestellten Waren rasch und ohne größeren Kraftaufwand über Rollenbahnen transferiert werden.



**Abbildung 5-11: Mobiler, höhenverstellbarer Scherenhubtisch mit Rollenbahn [Han-2014]**

Der Standardisierungsgedanke umfasst jedoch neben technischen Ansätzen ebenso organisatorische Bestrebungen. Die Implementierung von einheitlichen und nachvollziehbaren Abläufen an den Schnittstellen einer Logistikkette setzt **eindeutig definierte Regelprozesse** voraus. Eine Möglichkeit hierzu bieten Arbeitsanweisungen, welche für den Anwender verbindliche sowie verpflichtende Vorgaben beinhalten zur ordnungsgemäßen Ausführung einer bestimmten Arbeit. In detaillierter und verständlicher Form werden den Mitarbeitern zunächst der Zweck einer Tätigkeit sowie der Anwendungsbereich vermittelt. Darüber hinaus werden die konkreten Arbeitsschritte, deren Reihenfolge und die einzusetzenden Arbeits- und Unterstützungsmittel beschrieben. Außerdem werden Zuständigkeiten, erforderliche Qualifikationen, zu beachtende Schutzbestimmungen und Regeln zur Dokumentation festgehalten. Um die Anschaulichkeit zu erhöhen, empfiehlt es sich, neben verbalen Formulierungen auch eingängige Bilder oder Flussdiagramme zu benutzen. Während sich Arbeitsanweisungen im engeren Sinne lediglich auf einen Arbeits-

platz oder überschaubaren Arbeitsbereich fokussieren, beziehen sich Verfahrensanweisungen auf ganze Arbeitsprozesse, die sich in der Regel aus mehreren einzelnen Arbeitsplätzen zusammensetzen. Des Weiteren werden Vorgaben zum Arbeitsschutz in Betriebsanweisungen erfasst. Darin wird unter anderem der sichere Umgang mit vorhandenen Gefahrenstoffen oder Arbeitsmitteln erläutert, die als gefährlich eingestuft werden [Pfe-2012, S. 49ff.].

Ein wesentlicher Aspekt bei Standardprozessen liegt darin, für deren Einhaltung zu sorgen und Abweichungen von Soll-Abläufen umgehend aufzuzeigen. Zu diesem Zweck erweist es sich als vorteilhaft, positive sowie negative Beobachtungen bei der Arbeitsausführung („Dos and Don'ts“) zu visualisieren, um selbst erfahrene und routinierte Mitarbeiter immer wieder zu sensibilisieren hinsichtlich der angestrebten Arbeitsqualität. Ein probates Mittel zielt darauf ab, häufig auftretende Fehler, deren Ursachen und die Auswirkungen auf den Folgeprozess transparent zu machen etwa in Form von geeigneten Aushängen unmittelbar am Entstehungsort. Dadurch können die Mitarbeiter dazu bewegt werden, ihre eigenen Handlungsweisen zu reflektieren und gegebenenfalls anzupassen.

### 5.1.7 Lösungsansätze nach dem Prinzip ziehender Fluss

Eine Möglichkeit zur Verwirklichung von fließenden Übergängen an Schnittstellen besteht in der Schaffung eines **aktiven Transfers**. Hierbei wird ein Schnittstellenprozess durch jenes Arbeitsmittel initiiert, welches bereits die vorgelagerte Logistikfunktion ausgeführt hat. Oftmals liegen in der Praxis zwei passive Arbeitsmittel vor, die durch den Einsatz eines dritten, unterstützenden Arbeitsmittels miteinander verknüpft werden. Dadurch entstehen zum einen eine zusätzliche Schnittstelle in der Prozesskette und zum anderen eine Abhängigkeit von der technischen sowie organisatorischen Verfügbarkeit des zusätzlichen Arbeitsmittels. Einen klassischen Anwendungsfall des aktiven Gütertransfers beschreibt das Entladen von Schüttgut nach dem Vorbild einer Rutsche, indem zum Beispiel die Ladefläche eines Lkw schräg gestellt wird. Basierend auf dem Prinzip einer schiefen Ebene beginnt das Fördergut ab einer gewissen Neigung mit Hilfe der Schwerkraft zu gleiten und kann auf diese Weise selbstständig den Lkw verlassen. Der Prozess des Gleitens tritt ein, sobald der Neigungswinkel größer ist als der Reibungswinkel zwischen dem Gut und der Rutschfläche [Mar-1978, S. 171f.].

Als weiteres Beispiel für ein aktives Arbeitsmittel, das ein Fördergut eigeninitiativ entladen kann, sei ein fahrerloses Transportfahrzeug (FTF) mit automatischer Lastaufnahme und -abgabe erwähnt. Per Definition handelt es sich bei derartigen Systemen um „Anlagen mit Flurförderzeugen, die ohne Bedienungspersonal, elektromotorisch angetrieben und automatisch gesteuert auf einem festgelegten Fahrkurs innerbetriebliche Transportaufgaben durchführen“ [Gün-2007b, S. 148]. Die Firma S-Elektronik hat mit dem „Palet-Jet“ ein FTF entwickelt, welches – wie in Abbildung 5-12 zu sehen – einen Palettenwagen unterfahren und danach über einen ausfahrenden Bolzen mitnehmen kann. Der Wagen wird anschließend punktgenau an dessen Bestimmungsort geführt. Dort wird er abgestellt, indem sich der Bolzen wieder absenkt und das FTF sich auskuppelt [S-E-2011, S. 1ff.].



**Abbildung 5-12: Fahrerloses Transportfahrzeug mit Unterfahrfunktion [S-E-2011, S. 2ff.]**

Ein aktiver Güterwechsel lässt sich allerdings nicht immer realisieren, weshalb insbesondere bei passiven Arbeitsmitteln auf einen **unmittelbaren Transfer** geachtet werden muss. In der internen Materialversorgung gilt es beispielsweise dafür zu sorgen, dass eine bereitgestellte Ware möglichst zügig an ihren Bedarfsort gelangt. Ein technisches System, das dieser Forderung nachkommt, ist die Rohrpostanlage. Dabei werden zylinderförmige Transportbehälter pneumatisch durch Kunststoff- oder Edelstahlrohr befördert. Zunächst wird eine gefüllte Rohrpostbüchse an einer Eingabestation manuell eingelegt, bevor ihr späterer Zielbahnhof über ein Bedienterminal eingegeben wird. Im Anschluss an den physischen Schnittstellenprozess startet umgehend der Abtransport, indem ein Verdichter die hierfür notwendige Druck- und Saugluft erzeugt. Die Büchsen können dabei Geschwindigkeiten von 20 bis 30 km/h erreichen. Deren Steuerung im Rohrpostnetz übernehmen elektrische Weichen. An der Ausgabestation gleitet der ankommende Zylinder dann in einen Auffangbehälter. Das Konzept ermöglicht den Transport von bis zu 28 Kilo-

gramm schweren Gütern. Jene können dabei einen Durchmesser von bis zu 30 Zentimetern und eine Länge von einem halben Meter besitzen. Rohrpostsysteme finden in unterschiedlichen Branchen Anwendung. In Krankenhäusern wie der Berliner Charité oder dem Universitätsklinikum Leipzig werden beispielsweise Urin- und Blutproben, Röntgenbilder, Analysematerialien, Rezepte sowie Medikamente über den beschriebenen Weg verschickt (siehe Abbildung 5-13). Auch an Maut-Stationen kommt die Rohrpost zum Einsatz, um Bargeld von den Kassen zu einem Tresor zu leiten. Diese Technik macht sich nicht zuletzt die Automobilindustrie zunutze, um etwa – wie im Peugeot-Werk in Sochaux – die Produktionslinien mit Schließgarnituren für Tür- und Kofferraumschlösser zu versorgen ([Hni-2004, S. T1], [Sch-2010b, S. 4f.]).

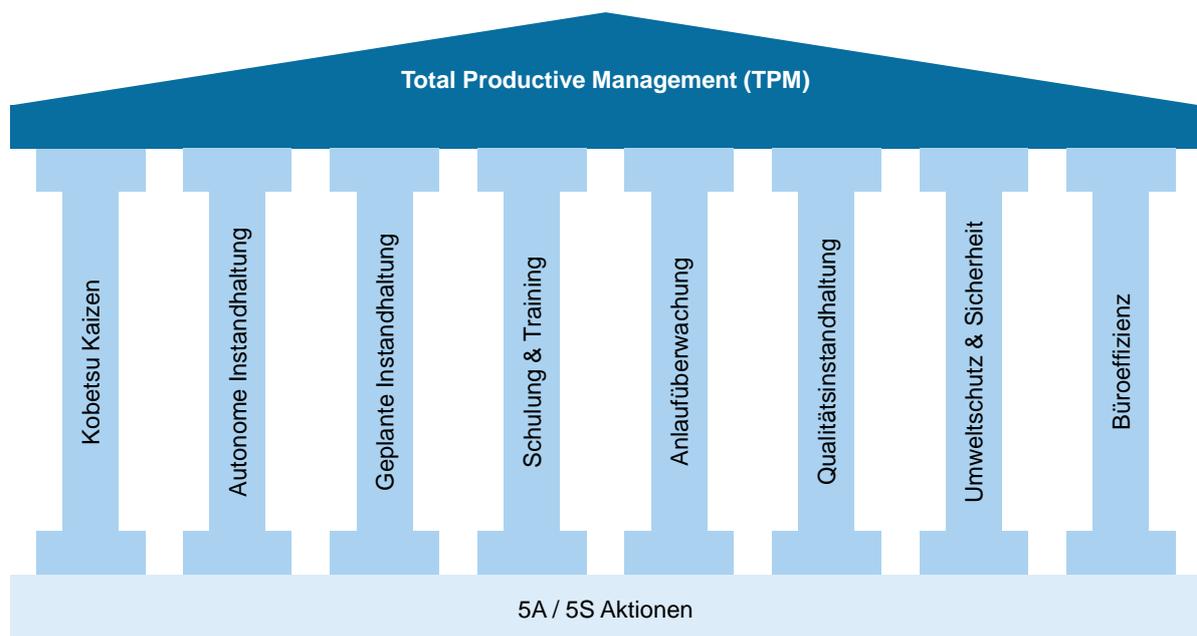


Abbildung 5-13: Rohrpostanlage in einem Krankenhaus [Sch-2010b, S. 1ff.]

### 5.1.8 Lösungsansätze nach dem Prinzip Stabilität

Trotz aller technischen Bemühungen, zwei Logistikfunktionen möglichst fließend miteinander zu verbinden, darf die Stabilität der Verknüpfungsprozesse nicht außer Acht gelassen werden. Der Nutzen von Arbeitsmitteln, die zwar einen schnellen Transfer versprechen, aber zugleich eine hohe Ausfallquote aufweisen, ist im Endeffekt eher eingeschränkt. Aus diesem Grund ist der Fokus auf eine **100-prozentige technische Verfügbarkeit der eingesetzten Ressourcen** zu richten, um Unterbrechungen im Materialfluss aufgrund von technischen Ausfällen zu vermeiden. Ein potentieller Ansatz wäre, das aus dem Produktionsumfeld bekannte TPM-Werkzeug auf die Logistik zu übertragen. Die Abkürzung TPM steht in ihrer ursprünglichen Bedeutung für „Total Productive Maintenance“ und bezieht sich da-

bei in erster Linie auf eine optimierte Instandhaltung. Mittlerweile ist der Betrachtungsgegenstand von TPM deutlich weiter gefasst, was sich auch in der neueren Bezeichnung „Total Productive Management“ niederschlägt. Vielmehr befasst sich TPM heute mit der Erhaltung und Verbesserung der Produktivität in allen Prozessen eines Unternehmens, um Ausfälle, Qualitätsdefekte sowie Unfälle zu eliminieren. Das gesamte Programm umfasst – wie in Abbildung 5-14 aufgezeigt – acht unterschiedliche Bausteine, von denen anschließend mit der autonomen und geplanten Instandhaltung zwei wesentliche näher erläutert werden [Rei-2007, S. 44f.].



**Abbildung 5-14: Die acht Säulen von TPM (in Anlehnung an [Rei-2007, S. 45])**

Die autonome Instandhaltung verfolgt das Ziel, die Mitarbeiter vor Ort zu einer selbstständigen Inspektion und Pflege ihrer Maschinen und Anlagen zu befähigen. Auf diese Weise soll deren Effektivität erhöht werden, indem etwa ungeplante Anlagenstillstände (> zehn Minuten), Kurzstillstände ( $\leq$  zehn Minuten) oder Geschwindigkeitsverluste minimiert werden. Auf dem Weg zu einer autonomen Instandhaltung werden mehrere Phasen durchlaufen. Zunächst gilt es die Anlagenbediener dahingehend zu sensibilisieren, Abweichungen von den gesetzten Standards zu erkennen und rechtzeitig an das Instandhaltungspersonal zu kommunizieren. Dabei werden den Werkern bereits einfache Reinigungs-, Schmier- und Inspektionstätigkeiten übertragen. In der zweiten Phase werden die Mitarbeiter aus der Produktion zur Durchführung kleinerer Wartungsarbeiten ausgebildet, indem ihnen ein entsprechendes Fachwissen vermittelt wird. Das führt zu einer Entlastung der Instandhaltung, was sich in freien Kapazitäten auf deren Seite äußert. Jene können wieder-

rum zur weiteren Optimierung der Anlageneffektivität genutzt werden. Im nächsten Stadium erfolgt die Festlegung von Standards zur Verbesserung des Anlagenumfeldes und des Produktionsablaufes. Damit sich die aufgestellten Regeln im Alltagsgeschäft bewähren können, müssen sie konsequent eingehalten und stetig weiterentwickelt werden [Rei-2007, S. 47f.].

Der Zweck einer geplanten Instandhaltung liegt konkret darin, eine 100-prozentige Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen zu gewährleisten. Der erste Schritt dorthin beschäftigt sich mit der Identifikation der störungsanfälligsten Anlagen und dem Aufzeigen der zugrunde liegenden Schwachstellen. Als Basis dienen die beiden Kennzahlen „Mean time between failures“ (MTBF) sowie „Mean time to repair“ (MTTR), womit die durchschnittlichen Zeitspannen zwischen zwei aufeinander folgenden Ausfällen bzw. die mittleren Reparaturzeiten erfasst werden. Im Anschluss gilt es die aufgedeckten Schwachstellen entsprechend zu beseitigen und die Instandhaltungseffizienz nachhaltig zu verbessern, indem die gewonnenen Erkenntnisse in die definierten Standards einfließen. In einem zweiten Schritt werden die Standardvorgaben weiterentwickelt und das System der Instandhaltung durch gezielte Maßnahmen kontinuierlich optimiert [Rei-2007, S. 48f.].

### 5.1.9 Lösungsansätze nach dem Prinzip Synchronisation

Die Grundvoraussetzung für eine schnelle Ausführung von physischen Schnittstellenprozessen liegt in der technischen sowie zeitlichen Synchronisation aller beteiligten Arbeitsmittel, Personen, Flächen und Transfergüter. Eine suboptimale Abstimmung zwischen einem Stapler und einem nicht genormten Ladungsträger kann beispielsweise zu einem komplizierten Lastaufnahmeprozess führen, wenn der Abstand zwischen den beiden Gabelzinken zunächst an die individuellen Einfahröffnungen des Ladungsträgers angepasst werden muss. Dies erfolgt in der Praxis häufig hydraulisch über Zinkenverstellgeräte [Ber-2011b, S. 4]. Probleme beim Einsatz von nicht standardisierten Behältern können ebenfalls bei der Lastabgabe entstehen. Aufgrund von großzügig dimensionierten Außenmaßen ist es denkbar, dass die Breite einer Rollenbahn nicht ausreicht, um den Behälter darauf abzusetzen. Deswegen gilt es sicherzustellen, dass die einzelnen Zahnräder – um die Analogie aus Kapitel 1 aufzugreifen – an den Schnittstellen bestmöglich ineinander greifen, indem auf deren **Kompatibilität** geachtet wird. Ein organisatorischer Ansatz zielt auf die Verwendung von einheitlichen Ladungsträgern mit genormten Abmaßen ab. Dadurch werden mechanisierte Vorgänge erleichtert, indem etwa die Gabelzinken

eines Staplers nicht ständig horizontal justiert werden müssen. Außerdem sind die eingesetzten Transport- und Fördermittel nicht auf eine Vielzahl an unterschiedlichen Ladungsträgern auszurichten [DIN-1989a, S. 4]. In der Industrie wird vielfach auf die sogenannte Europalette gesetzt sowohl im innerbetrieblichen als auch unternehmensübergreifenden Güterverkehr. Jene verfügt gemäß der europäischen Norm EN 13698-1 über spezifische Herstellungsmerkmale. Hierbei gilt es neben den Standardmaßen für deren Länge (1.200 Millimeter), Breite (800 Millimeter) und Höhe (144 Millimeter) ebenso Vorgaben zur Bauweise zu berücksichtigen. Als Werkstoffe sind lediglich bestimmte Holzarten und Befestigungselemente zugelassen. Ferner ist die Europalette als Vierweg-Palette auszuführen [DIN-2004, S. 3ff.].

Synchronisierte Abläufe an physischen Schnittstellen erfordern jedoch nicht nur die Schaffung entsprechender technischer Grundlagen, sondern darüber hinaus auch ein optimales zeitliches Zusammenspiel aller notwendigen Ressourcen. Eine zum Zeitpunkt des Schnittstellenprozesses belegte Abstellfläche oder ein Stapler, der gerade anderweitig verwendet wird, führen zwangsläufig zu Verzögerungen. Diese lassen sich vermeiden, wenn es durch organisatorische Maßnahmen gelingt, für eine **bedarfsorientierte Ressourcenverfügbarkeit** zu sorgen. Das bedeutet, dass alle relevanten Arbeitsmittel, Personen und Flächen für den gesamten Bedarfszeitraum zur Verfügung stehen. Es erscheint aus Auslastungsgründen allerdings nicht sinnvoll, sämtliche Ressourcen permanent an einer Schnittstelle vorzuhalten. Vielmehr sollte der Anspruch darin liegen, die vorhandenen Ressourcen bestmöglich zu nutzen und gleichzeitig Materialflussunterbrechungen zu verhindern. Zu einer Verbesserung der Ressourcenplanung im Wareneingang kann zum Beispiel ein elektronisches Lieferavis beitragen. Dabei erhält der Warenempfänger von Seiten des Versenders eine Vorankündigung über das Eintreffen einer Lieferung. In der Regel werden neben dem voraussichtlichen Ankunftsdatum auch Daten zu den eingehenden Artikeln hinsichtlich ihrer Teilenummern, Mengen und Gewichte bzw. Volumina kommuniziert. Auf der Basis kann sich der Empfänger auf den Wareneingang vorbereiten, indem unter anderem die benötigten Flächen bereitgestellt werden und der Personaleinsatz rechtzeitig koordiniert wird [Hag-2013, S. 115].

Ein zweiter Ansatz beschäftigt sich damit, die Anlieferspitzen im Wareneingang zu glätten und für einen kontinuierlichen Zulauf der Lkw zu sorgen. Durch die zeitliche Koordinierung an den Rampen sollen Stausituationen und lange Warteschlangen verhindert werden. Nicht selten müssen Lkw zu bestimmten Stoßzeiten mehrere Stunden auf ihre Be- bzw. Entladung warten. Eine Lösung für dieses Problem ver-

sprechen Zeitfenstermanagementsysteme (ZMS), über welche verbindlich einzuhaltende Verladefenster für die Spediteure vergeben werden. Es werden dabei drei Ausprägungsformen unterschieden. Zum einen können die Zeitslots durch den Rampenbetreiber vorgegeben werden, wie es etwa bei JIT- oder JIS-Anlieferprozessen in der Automobilindustrie der Fall ist. Außerdem möglich ist eine telefonische Abstimmung des Anliefer- bzw. Abholzeitpunktes zwischen dem Rampenbetreiber und dem Spediteur. Bei einer dritten Variante erfolgt das Zeitfenstermanagement über eine elektronische Plattform, indem beispielsweise das webbasierte System eines externen Anbieters genutzt wird. Darin stellt der Warenempfänger seine freien Ladetermine und Rampenplätze ein, auf dessen Grundlage die Spediteure ihre favorisierten Zeitfenster buchen können. Häufig fallen hierbei Gebühren zwischen 0,50 Euro und 2,50 Euro je Buchungsvorgang an. Die Vorteile eines ZMS liegen in einer gleichmäßigen Verteilung der ankommenden Lieferungen über einen Tag bzw. eine Woche. Somit ergibt sich bei den Ressourcen im Wareneingang eine ausgewogene Auslastung, so dass sowohl Engpässe auf Zufahrten und Parkplätzen als auch Belastungsspitzen bei den Mitarbeitern beseitigt werden können. Durch die geschaffene Transparenz über die Lkw-Ankünfte wird schließlich eine effizientere Personalplanung ermöglicht. Eine von der Firma Cargoclix im Jahre 2012 in Auftrag gegebene Marktumfrage befasste sich mit den Auswirkungen eines Zeitfenstermanagements. An der Untersuchung nahmen 41 Unternehmen aus der Industrie, dem Handel und der Logistikbranche teil mit dem Ergebnis, dass sich bei 90,2 Prozent aller Befragten eine Verkürzung der Wartezeiten<sup>7</sup> durch den ZMS-Einsatz beobachten ließ. Selbst bei den Durchlaufzeiten<sup>8</sup> wollten 72,5 Prozent der Befragten eine Reduzierung erkannt haben ([Car-2012, S. 3ff.], [Hag-2013, S. 100ff.], [Zob-2011, S. 42]).

### 5.1.10 Lösungsansätze nach dem Prinzip Ressourceneffizienz

Physische Schnittstellenprozesse dienen dazu, Güter entlang des Materialflusses zwischen verschiedenen Arbeitsmitteln und Personen zu transferieren. Der primäre Fokus ist dabei auf die Einhaltung der Kundenanforderungen zu richten, wobei eine effiziente Prozessausführung gerade bei großem Zeitdruck, hohen Personalkosten,

---

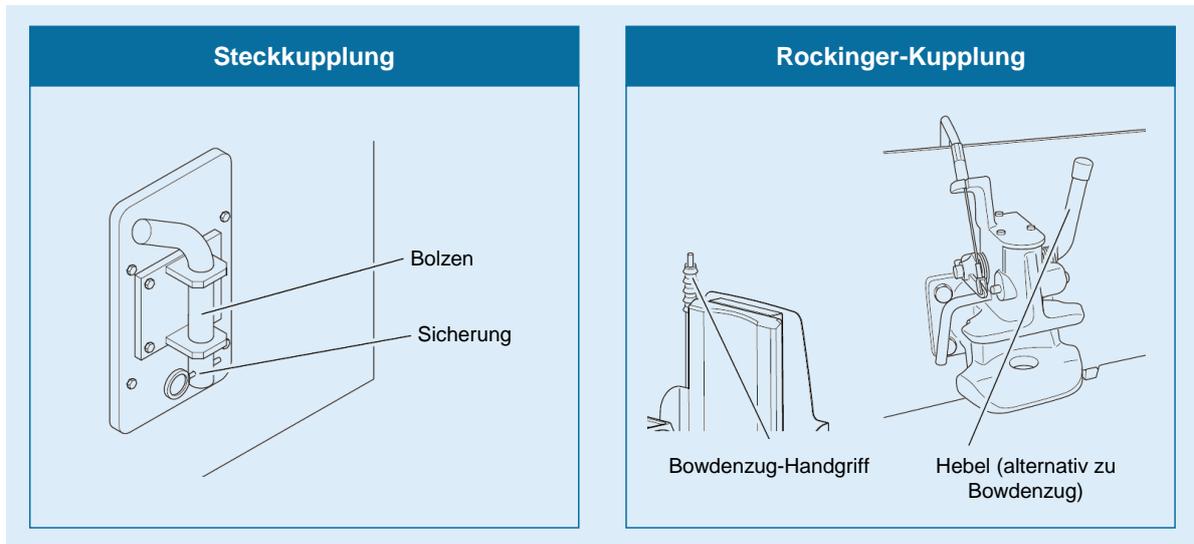
<sup>7</sup> Als **Wartezeit** wird im Rahmen der Befragung der Zeitraum ab dem vereinbarten Zeitfenster bis zum Beginn der Lkw-Abfertigung verstanden [Car-2012, S. 7].

<sup>8</sup> Als **Durchlaufzeit** wird im Rahmen der Befragung der Zeitraum ab dem vereinbarten Zeitfenster bis zum Ende der Lkw-Abfertigung verstanden [Car-2012, S. 7].

knappen Logistikflächen sowie hohen Betriebskosten der verwendeten Arbeitsmittel zunehmend an Bedeutung gewinnt. Im Bereich der Ressourceneffizienz bezieht sich somit ein grundlegendes Prinzip zunächst einmal auf die **Minimierung der Durchlaufzeit**. Vor diesem Hintergrund gilt es Unterstützungsmittel in Betracht zu ziehen, welche einen Schnittstellenprozess bezüglich Anzahl und Dauer der durchzuführenden Handlungsschritte verbessern können. Beim Einsatz von Routenzügen in der internen Materialversorgung kann sich das Abkoppeln eines Anhängers von der Zugmaschine als zeitaufwändiger Prozess erweisen. Nicht selten kommen dabei Steckkupplungen gemäß Abbildung 5-15 zum Einsatz. Beim Abkoppelvorgang muss in einem ersten Schritt die Sicherheitsnadel seitlich aus dem Bolzen entfernt werden, bevor jener durch die Bohrlöcher der Kupplung nach oben herausgezogen werden kann. Anschließend wird die Zugöse des Anhängers herausgeschwenkt und der Bolzen kann wiederum in die Kupplung eingeführt und entsprechend gesichert werden. Im Gegensatz dazu ermöglicht eine sogenannte Rockinger-Kupplung mit Fernentriegelung, dass ein Anhänger schnell und unkompliziert über eine Seilzugtechnik bereits von der Zugmaschine aus abgekoppelt werden kann. Die Verriegelung der Zugöse wird durch das Betätigen eines Bowdenzuges gelöst [Jun-2006, S. E10f.]. Bei einigen Routenzugsystemen in der Praxis muss nicht der gesamte Anhänger von der Zugmaschine abgetrennt werden, sondern lediglich ein Ladungsträger, der sich auf einem Trolley<sup>9</sup> befindet, seitlich aus einem Anhänger herausgeschoben werden. Allerdings ist diese Tätigkeit oftmals mit einem hohen Kraft- und Zeitaufwand verbunden. Um die Entnahme eines Trolleys zu beschleunigen, hat die Firma STILL im Rahmen ihres liftrunner®-Konzeptes eine technische Lösung entwickelt, womit der Anrollwiderstand bei der Entladung überbrückt wird. Es wurde hierzu ein Auswurfmechanismus geschaffen, der über einen Fußhebel aktiviert werden kann [STI-2013, S. 3].

---

<sup>9</sup> Unter einem Trolley versteht man ein fahrbares Untergestell, worauf ein Ladungsträger platziert werden kann.



**Abbildung 5-15: Kupplungsarten bei Routenzugsystemen  
(in Anlehnung an [Jun-2006, S. E10f.]**

Die Ressourceneffizienz zielt jedoch nicht nur auf eine rasche Abwicklung des Schnittstellenprozesses ab, sondern ebenso auf die **Minimierung des** hierfür vorgesehenen **Personals**. Vor allem bei personalintensiven Tätigkeiten gilt es Möglichkeiten zur Automatisierung zu prüfen, welche allerdings vielfach mit hohen Anschaffungs- und Wartungskosten verbunden sind. Ein alternativer Ansatz befasst sich damit, Mitarbeiter an einer Schnittstelle nicht gänzlich durch einen Automaten zu ersetzen, sondern stattdessen deren Anzahl oder Kapazität zu verringern. Um das zu erreichen, werden in manchen Firmen sogenannte „Springersysteme“ eingeführt. Hierbei wird ein Mitarbeiter auf mehreren Arbeitsplätzen angeleitet, so dass er je nach Bedarf flexibel in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden kann. Dadurch lassen sich zwischenzeitliche Belastungsspitzen ausgleichen oder Fehlzeiten von Kollegen kompensieren [Jun-2008, S. 287]. Der „Springer“ ist somit nicht permanent für die Abwicklung eines bestimmten Schnittstellenprozesses eingeplant, sondern wird lediglich temporär herangezogen, sobald ein personeller Engpass vorliegt.

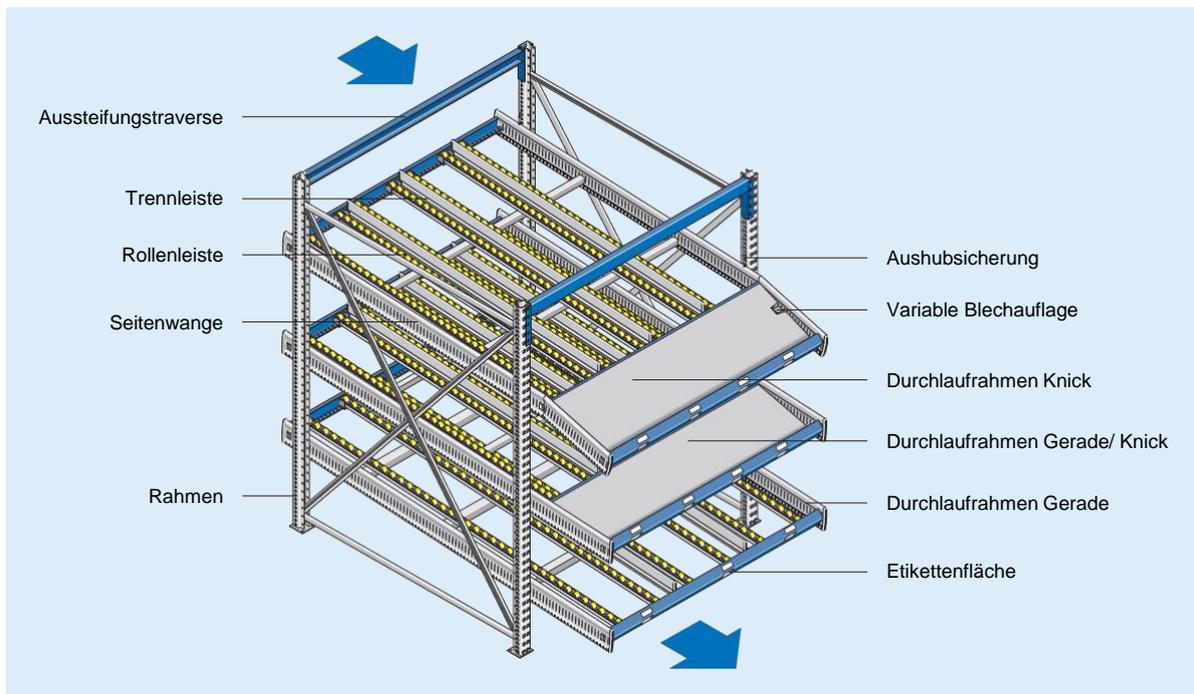
Ein weiteres Augenmerk muss auf die **Minimierung von Flächen** gelegt werden. Beim Einsatz von Staplern ist zum Beispiel stets deren Bedarf an Rangierflächen bei der Güteraufnahme bzw. -abgabe zu berücksichtigen. Die benötigte Fläche hängt dabei stark von der Wendigkeit eines Staplers ab. Aufgrund ihrer kompakten Abmessungen und einem sehr kleinen Wenderadius können Dreiradstapler in beengten Umgebungen Vorteile gegenüber Staplern in Vierradbauweise erzielen. Bei

Ersteren sind die beiden Vorderräder starr aufgehängt, während die Lenkung über ein oftmals angetriebenes Hinterrad erfolgt. Durch das zentrale Lenkrad am Heck wird ein Dreiradstapler dazu befähigt, sich praktisch auf der Stelle zu drehen. In einer Marktübersicht des Fachmagazins Logistra aus dem Jahre 2013 wurden Dreiradstapler unterschiedlicher Hersteller unter anderem in puncto Wendigkeit miteinander verglichen. Hieraus ließ sich ein minimaler Wenderadius von 1,635 Metern erkennen ([Mar-2014, S. 241], [Sch-2013, S. 32f.]).

Ein weiteres Prinzip, welches zur Verschlankeung von physischen Schnittstellen beitragen soll, widmet sich der **Minimierung von Arbeitsmitteln**. Im Rahmen einer Materialversorgung ist häufig jedem Fertigungsbereich mindestens ein eigener Stapler zugeordnet. Diese Art der Organisation kann eine schlechte Auslastung sowie Leerlaufzeiten sowohl bei den Staplern als auch den Logistikmitarbeitern zur Folge haben. Deswegen erscheint es oftmals sinnvoll, die Ressourcen zu bündeln, indem verschiedene Arbeitsbereiche auf einen gemeinsamen Pool aus mehreren Staplern zurückgreifen. Das Konzept sieht dabei vor, dass die Fördermittel nicht mehr fix, sondern flexibel und bedarfsabhängig auf die vorliegenden Zielgebiete über ein sogenanntes Staplerleitsystem (SLS) verteilt werden. Jenes nimmt einen Abruf aus der Fertigung entgegen und gibt ihn nach seiner Bearbeitung als Abhol- oder Belieferungsauftrag an einen aktuell verfügbaren Stapler weiter. Hierbei werden die relevanten Informationen von einem Leitstandrechner per Infrarottechnik oder Datenfunk an ein mobiles Staplerterminal übertragen. Nach der Erfüllung und Quittierung des Auftrages wartet der Stapler auf die nächste Anweisung. Durch die geteilte Nutzung von Ressourcen reduziert sich auf der einen Seite der Bedarf an Personen und Fördermitteln im Fuhrpark, während sich auf der anderen Seite der Auslastungsgrad in der Logistik erhöht ([IPE-2014, S. 7f.], [Mar-2014, S. 253]). Diesen Sachverhalt verdeutlicht ein Fallbeispiel des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik, welches die Erarbeitung eines neuen Staplerkonzeptes bei einem Pharmaunternehmen beschreibt. Dort waren ursprünglich sieben Stapler im Einsatz, welche jeweils einem oder zwei Bereichen fest zugewiesen waren. Die durchschnittliche Auslastung der Stapler lag bei 41 Prozent. Nach der Bildung eines Staplerpools wurde die Anzahl an benötigten Fördermitteln auf drei verringert mit dem Effekt, dass deren Auslastungsgrad auf 96 Prozent anstieg [Kuh-2005, S. 13f.].

### 5.1.11 Lösungsansätze nach dem Prinzip Langfristigkeit

Ein Aspekt, der oftmals bei Planungsszenarien vernachlässigt wird, liegt in der perspektivischen Gestaltung von Schnittstellenprozessen. Es ist essentiell, funktionierende Abläufe nicht nur unter den aktuellen Gegebenheiten zu gewährleisten, sondern darüber hinaus ebenso bei sich verändernden Rahmenbedingungen. Demnach gilt es Schnittstellen strukturell derart auszulegen, dass sie schlanke Prozesse sowohl in der Gegenwart als auch zukünftig ermöglichen, indem sie in der Lage sind, flexibel auf neue Anforderungen von Produkt- oder Prozessseite zu reagieren. Um die Aufgaben an den Schnittstellen langfristig optimal erfüllen zu können, bedarf es daher wandlungsfähiger Strukturen, die sich durch die Mobilität und Flexibilität von Gebäudeelementen, Technik, Personal und Wissen auszeichnen [Bau-2008, S. 261]. Ein erster exemplarischer Lösungsansatz bezieht sich auf die **technische Flexibilität** bei der Materialbereitstellung. Aufgrund der Tatsache, dass sich Güter im Laufe der Zeit hinsichtlich ihrer Abmaße oder verwendeten Behältertypen verändern können, ist auf eine Bereitstelltechnik zu achten, die sich im Bedarfsfall schnell und leicht anpassen lässt. Als vorteilhaft in diesem Kontext erweisen sich Durchlaufregale mit einem modularen Stecksystem (siehe Abbildung 5-16). Die einzelnen Durchlaufrahmen lassen sich hierbei schraubenlos sowohl in der Neigung als auch in den Etagenabständen über ein enges Raster einstellen. Neben einer Höhenjustierung können zudem die Kanäle einer Ebene in ihrer Breite variiert werden, indem man die entsprechenden Rollen- und Trennleisten wiederum innerhalb eines vorgegebenen Rasters versetzt [SSI-2014, S. 2ff.].



**Abbildung 5-16: Flexibles Durchlaufregal (in Anlehnung an [SSI-2014, S. 7])**

Eine anpassungsfähige Technik gilt als wesentlicher Bestandteil einer langfristigen Denkweise. Ein zweiter Faktor befasst sich mit der **organisatorischen Flexibilität** und in diesem Zusammenhang auch mit der Herausforderung, ortsunabhängige Schnittstellen zu schaffen. Das gestaltet sich in der Praxis gerade bei der Planung von Verladetoren als kompliziert. Jene stellen nicht selten infrastrukturelle Fixpunkte dar, die sich nur unter einem hohen Aufwand verlagern lassen, sofern dies eine wechselnde Anliefersituation erforderlich macht. Deswegen werden im BMW-Werk Leipzig standardisierte Direktanliefertore verwendet, welche schnell und einfach zu versetzen sind, falls sich der Verbauort eines JIS-/ JIT-Bauteils am Band einmal ändern sollte. Der Umzug eines Tores an eine neue Stelle des Montagegebäudes kann innerhalb eines Wochenendes vollzogen werden. Aufgrund der fingerartigen Fertigungsstruktur (siehe Abbildung 2-6) kann prinzipiell an jedem Montageort eine Lkw-Direktanlieferung realisiert werden unter der Voraussetzung, dass dort vorab ein entsprechendes Verladetor installiert wurde [Bau-2008, S. 263].

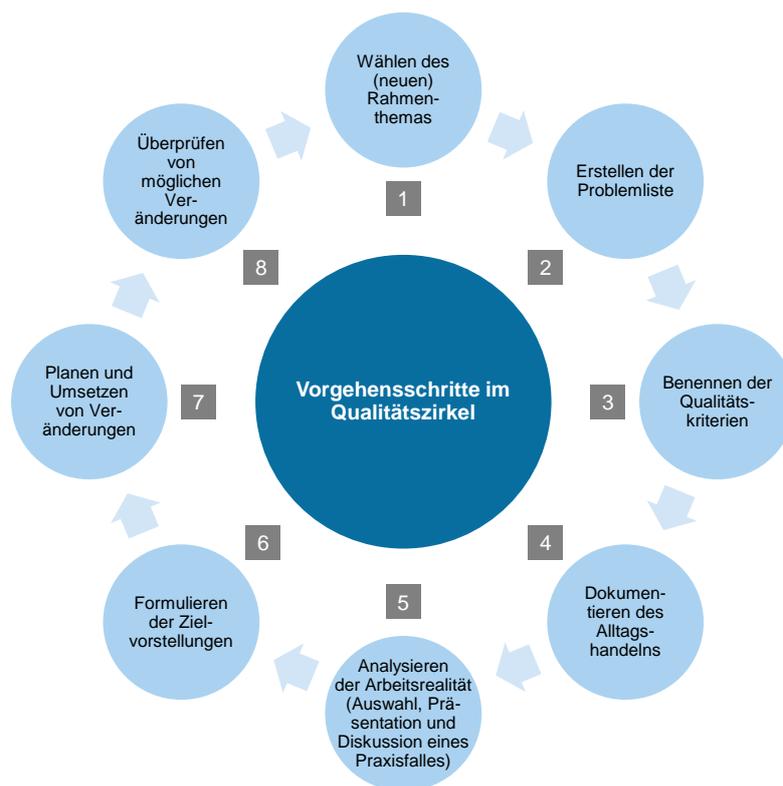
### 5.1.12 Lösungsansätze nach dem Prinzip Perfektion

Das Ziel bei der Identifikation von Verschwendungspotentialen sollte stets darin liegen, zwei Prozesse über eine perfekte Schnittstelle miteinander zu verbinden. Dieser Gedanke wird vielfach eine Vision bleiben, dennoch sollte er als Antrieb dienen, um an einer **stetigen Optimierung der Schnittstelle** zu arbeiten. Als Idealzu-

stand kann die Eliminierung einer Schnittstelle betrachtet werden, sofern dadurch nicht an einer anderen Position in der Logistikkette eine neue, bis dato nicht vorhandene Schnittstelle erzeugt wird. Wichtig bei einer regelmäßigen Prüfung der Notwendigkeit einer Schnittstelle sind demnach eine umfassende Betrachtungsweise sowie die Erarbeitung einer gesamtoptimalen Lösung. Bei Prozessübergängen, an denen der Wechsel eines Gutes auf ein weiteres Arbeitsmittel oder eine weitere Person als unumgänglich erscheint, muss der Drang nach einer Perfektionierung ebenso im Vordergrund stehen. Sowohl durch die Reduzierung als auch die Verschlinkung von Schnittstellenprozessen können die Effektivität und Effizienz einer Schnittstelle schrittweise gesteigert werden.

Ein Instrument, das in manchen Betrieben zur Optimierung von Arbeitsprozessen eingesetzt wird, sind sogenannte Qualitätszirkel. Hierbei handelt es sich um einen freiwilligen Zusammenschluss von Mitarbeitern aus unterschiedlichen Abteilungen zu einer Problemlösegruppe. Die Intention eines Zirkels liegt in der Analyse, Bewertung und gegebenenfalls gezielten Veränderung der eigenen Arbeit, indem ein offener und strukturierter Erfahrungsaustausch ermöglicht und das eingebrachte Wissen der Teilnehmer für technische sowie organisatorische Verbesserungen genutzt wird. Innerhalb einer Zirkeldiskussion berichten die Teilnehmer von Problemfällen aus ihrer beruflichen Praxis, um anschließend gemeinsam Lösungen zu erarbeiten. In den Fokus rückt vor allem das routinemäßige Handeln bei der Arbeitsausführung und in diesem Zusammenhang der Vergleich zwischen den gewünschten und tatsächlich realisierten Verhaltensweisen. Bei Differenzen gilt es eine entsprechende Ursachenforschung einzuleiten, um die Gründe für die vorliegenden Abweichungen zu ermitteln. Jene können sich zum Beispiel auf Wissensdefizite oder Kooperationsprobleme zurückführen lassen. Durch den Erkenntnisgewinn und mit Hilfe von konkreten Umsetzungsempfehlungen kann eine Motivation zur Verhaltensänderung entwickelt werden sowohl bei der betroffenen Person als auch bei anderen Teilnehmern, die sich in einer vergleichbaren Situation befinden. Das Ergebnis einer Reflexion und Überprüfung des eigenen Handelns kann allerdings ebenso lauten, vorgegebene Regeln flexibler zu gestalten bzw. weiterzuentwickeln. Als Erfolgsfaktor von Qualitätszirkeln lässt sich zum einen deren regelmäßige und längerfristige Durchführung nennen. Es empfiehlt sich, verbindliche Termine zu vereinbaren in einem Zeitraum von etwa eineinhalb Jahren. Entscheidend ist zum anderen, dass die Teilnehmer auf freiwilliger Basis mitwirken und eine offene, vertrauensvolle Arbeitsatmosphäre geschaffen wird. Ferner ist auf eine hierarchische Gleichstellung

der Gruppenmitglieder sowie eine Unterstützung durch geschulte und erfahrene Moderatoren zu achten. Nicht zuletzt kommt den Institutionen eine bedeutende Rolle zu. An ihnen liegt es, die Qualitätszirkel zu fördern und die Umsetzung von entworfenen Maßnahmen voranzutreiben. Zudem müssen sie die beteiligten Mitarbeiter freistellen, sofern die Treffen nicht außerhalb der Arbeitszeit stattfinden. Die Arbeit im Zirkel ist charakterisiert durch eine kontinuierliche Qualitätsverbesserung, weshalb die einzelnen Vorgehensschritte – wie in Abbildung 5-17 illustriert – immer wieder zyklisch durchlaufen werden. Jene bieten lediglich eine Orientierungshilfe, so dass die aufgeführte Reihenfolge nicht verbindlich einzuhalten ist. Oftmals sind auch Iterationen notwendig, um etwa Ergänzungen oder Modifikationen an einem bereits abgehandelten Schritt vorzunehmen ([Bah-2006, S. 5ff.], [Min-2006, S. 115]). Das dargelegte Vorgehen bietet ebenfalls einen geeigneten organisatorischen Rahmen für eine stetige Optimierung von Schnittstellen.



**Abbildung 5-17: Der Qualitätszirkel-Kreislauf (in Anlehnung an [Bah-2006, S. 11])**

Eine weitere Möglichkeit, um das Streben nach Perfektion bei den Mitarbeitern zu fördern, resultiert aus der Einführung eines betrieblichen Vorschlagswesens. Desessen Grundidee liegt darin, die Kreativität, die Kompetenz und das Engagement der Beschäftigten bestmöglich für das Unternehmen zu nutzen, indem für das Einrei-

chen von Verbesserungsvorschlägen (VV) Anreize in Form von Prämien und Sachleistungen geschaffen werden. Ein VV ist als freiwillige Sonderleistung eines Mitarbeiters zu interpretieren und muss konkret sowie konstruktiv dokumentiert werden. Ferner muss der Vorschlag in der Praxis umsetzbar sein und für das Unternehmen einen Nutzen darstellen. Aus dem Jahresbericht des Deutschen Instituts für Betriebswirtschaft zum Thema „Ideenmanagement in Deutschland“ geht hervor, dass die VV-Quote<sup>10</sup> im Jahre 2009 branchenübergreifend bei 60 Prozent lag. Dabei wurden im Schnitt 74,1 Prozent der Vorschläge realisiert. Interessant ist ebenso die Tatsache, dass sich durchschnittlich 21,1 Prozent aller Mitarbeiter am Ideenmanagement beteiligt haben. Die erhaltene Prämie pro VV lag im Mittel bei 170 Euro, während der errechenbare Nutzen für die Firma aus einem VV 5.070 Euro betrug. Die AUDI AG konnte beispielsweise 2009 einen errechenbaren Gesamtnutzen aus Verbesserungsvorschlägen in Höhe von 82 Millionen Euro generieren. Für die Ermittlung der Geldprämie schlägt etwa die Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege folgendes Berechnungsmodell vor:

$$A = (B - C) \times D$$

mit  $A =$  Erhaltene Geldprämie (in €)

$B =$  Geschätzte Ersparnis für den Betrieb im ersten Jahr (in €)

$C =$  Durchführungskosten für den Verbesserungsvorschlag (in €)

$D =$  Variabler Geldprämienatz (in %)

Der Prämienatz  $D$  stellt bei diesem Modell eine variable Größe dar, um sehr kreative oder weitreichende Vorschläge in besonderem Maße belohnen zu können. In Tabelle 5-3 werden exemplarisch einige Faktoren aufgelistet, welche in die Berechnung des Prämienatzes eingehen können.

---

<sup>10</sup> Unter einer VV-Quote ist die Anzahl an Verbesserungsvorschlägen pro 100 Beschäftigte zu verstehen [Deu-2010, S. 2].

Faktoren zur Berechnung				
Ausarbeitungsgrad	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Aufwand zur Erstellung	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Sicherheit und Gesundheit	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Arbeitszufriedenheit	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Kreative Leistung / Originalität	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Nähe / Ferne regulärer Arbeitsauftrag	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Reichweite	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Anreizwirkung andere Beschäftigte	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Anreizwirkung Bewohner / Patienten	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Werbewirkung für Unternehmen	75% <input type="radio"/>	50% <input type="radio"/>	30% <input type="radio"/>	15% <input type="radio"/>
Prämiensatz (Durchschnittswert aller angekreuzten Prozentangaben)	_____ %			

**Tabelle 5-3: Faktoren zur Berechnung des Prämiensatzes [Ber-2008, S. 24]**

Die leistungsorientierte Prämierung von Mitarbeiterideen ist ein Erfolgskriterium des betrieblichen Vorschlagswesens. Entscheidend sind darüber hinaus auch ein transparentes Verfahren, eine rasche Bearbeitung der eingehenden Vorschläge sowie deren präzise Bewertung. Aus Motivationsgründen ist weiterhin auf eine uneingeschränkte Unterstützung von Seiten der Führungskräfte zu achten, beginnend bei der Einreichung eines VV bis hin zu seiner Umsetzung ([Ber-2008, S. 8ff.], [Deu-2010, S. 2ff.]).

## 5.2 Fazit

Die in Kapitel 5 vorgestellten Handlungsempfehlungen haben verdeutlicht, dass in der Industrie bereits einige intelligente Maßnahmen zum Einsatz kommen, welche auf die Realisierung schlanker physischer Schnittstellenprozesse ausgerichtet sind. Zugleich ist eine Vielzahl an Stellschrauben präsentiert worden, die es in diesem Kontext entsprechend zu justieren gilt. Das breite Spektrum an Lösungsalternativen als erste Ideensammlung für die Logistikplanung hat dabei von aufwändigen Technikkonzepten bis hin zu einfachen organisatorischen Ansätzen gereicht. Als Grundlage hierfür haben die in Kapitel 4.6 definierten Prinzipien gedient. Jene sollen bei der perfekten Verknüpfung zweier Logistikprozesse unterstützen. Das angestrebte Ziel ist dann erreicht, wenn dazwischen entweder keine Schnittstelle mehr existiert

oder die Prozesse zur Überbrückung einer Schnittstelle auf ein Minimum reduziert und derart verschlankt werden, dass eine strikte Einhaltung sämtlicher Kundenanforderungen gegeben ist und parallel keinerlei Ressourcenverschwendungen auftreten. Eine perfekte Schnittstelle erfüllt die beiden aufgeführten Kriterien zudem langfristig. Auf dem Weg dorthin reicht es nicht aus, lediglich ein Prinzip zu fokussieren. Stattdessen müssen mehrere Stoßrichtungen eingeschlagen werden. Allerdings wird es in der Praxis häufig aus technischen, organisatorischen oder wirtschaftlichen Aspekten nicht möglich sein, alle aufgestellten Prinzipien an einer konkreten Schnittstelle umzusetzen. Sie sollen vielmehr als Orientierungshilfe fungieren bei der weiteren Suche nach Verbesserungspotentialen. Es ist entscheidend, dass die Bemühungen zur Schnittstellenoptimierung niemals enden, sondern kontinuierlich fortgesetzt werden durch eine sukzessive Prinzipienanwendung.



## **6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen**

In den vorangegangenen Kapiteln wurde ein Grundverständnis für die Philosophie einer schlanken Logistik entwickelt, um auf dessen Basis die Eigenschaften eines schlanken Schnittstellenprozesses abzuleiten. Ferner wurden verschiedene Strategien und Prinzipien erarbeitet, die bei entsprechender Anwendung zu einer Optimierung von Schnittstellen führen. Dieser Nachweis wurde durch das Aufzeigen von konkreten Lösungsansätzen erbracht, wodurch zugleich auch die Praxisnähe der definierten Strategien und Prinzipien augenscheinlich wurde.

Dieses Kapitel befasst sich damit, die bis dato vorliegenden Gedanken zur Schaffung schlanker Schnittstellen miteinander in Einklang zu bringen. Es gilt, die einzelnen Elemente in einem Vorgehensmodell zusammenzuführen, um einen Handlungsleitfaden zu erhalten, der einen Weg beschreibt beginnend bei der Identifikation von Schnittstellen bis hin zu ihrer Analyse und Optimierung. In Abschnitt 6.1 werden zuerst einige Anforderungen an das zu entwerfende Vorgehensmodell genannt, ehe ein kurzer Überblick über die verschiedenen Ablaufschritte gewährt wird. Jene werden danach ausführlich vorgestellt, indem vor allem auf die jeweils verwendeten Hilfsmittel näher eingegangen wird. Anhand eines Fallbeispiels erfolgt abschließend in Abschnitt 6.2 eine Validierung des Vorgehens. Durch dessen Anwendung auf eine exemplarische Logistikkette aus der Automobilindustrie sollen die Funktionsweise des Modells demonstriert und gleichzeitig Möglichkeiten zur Weiterentwicklung identifiziert werden.

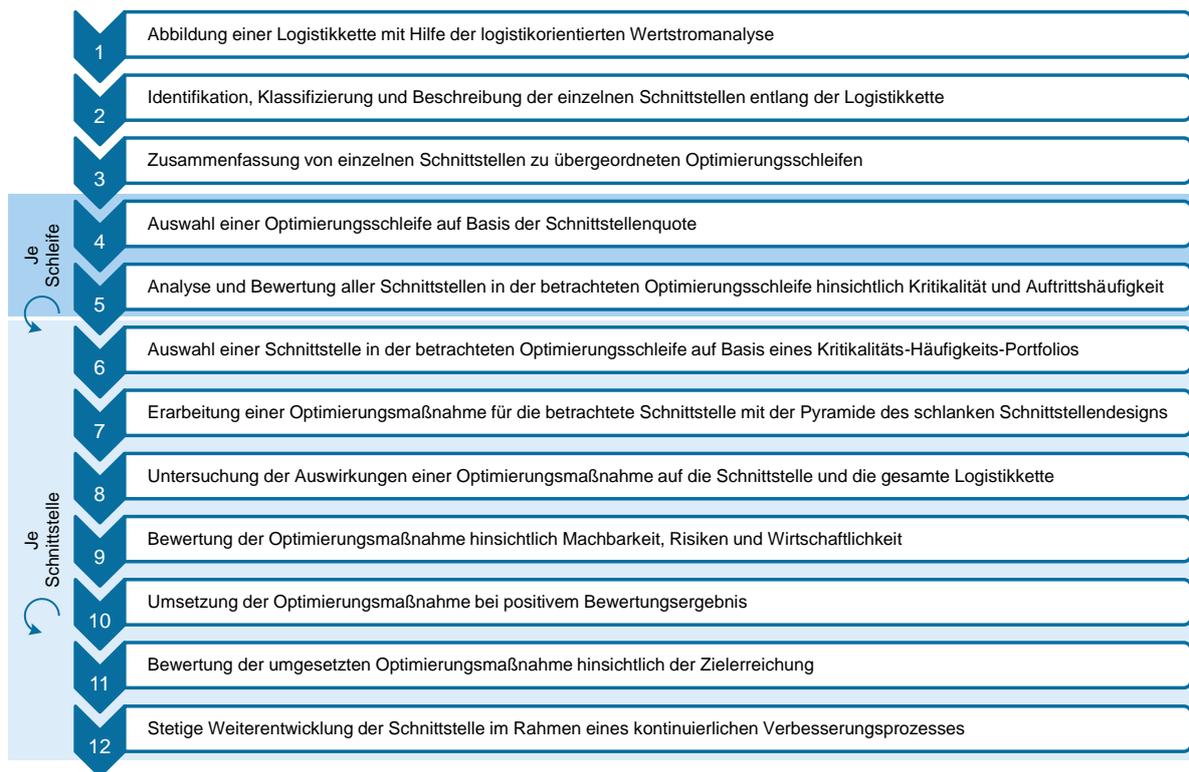
### **6.1 Beschreibung des Vorgehensmodells zum schlanken Schnittstellendesign**

Eine ganzheitliche Herangehensweise bei der Planung und Gestaltung von Logistikketten richtet den Blick nicht nur auf kundenorientierte und ressourceneffiziente Logistikfunktionen, sondern legt bei deren Schnittstellen im Prozessverlauf das gleiche Zielbild zugrunde. Klassische Verfahren zur Analyse und Optimierung von Wertschöpfungsketten befassen sich jedoch bisher nicht oder lediglich in geringem Maße mit Schnittstellen und der Fragestellung, wie sich einzelne Prozesse möglichst verlustarm miteinander verknüpfen lassen. Vielmehr werden Schwachstellen ausschließlich bei der Ausführung und Steuerung der logistischen Funktionen gesucht. Die Praxis zeigt hingegen, dass die Ursachen für suboptimale Material- und

Informationsflüsse nicht selten in den Prozessschnittstellen zu finden sind. Aus dieser Tatsache resultiert die Forderung nach einer Methodik, welche sich explizit mit dem Design von schlanken Schnittstellen befasst. Um dabei dem Anspruch der Ganzheitlichkeit gerecht zu werden, gilt es kein isoliertes Vorgehen zu entwerfen. Stattdessen bietet sich eine Integration in einen bereits bestehenden Ansatz zur Wertstromaufnahme an. Dadurch wird eine kombinierte Betrachtung von Logistikprozessen und ihren Verbindungselementen ermöglicht.

Bei der Entwicklung des Vorgehensmodells rücken einige wesentliche Aspekte in den Vordergrund, die einen sinnvollen Einsatz im Planungsalltag gewährleisten sollen. Entscheidend ist zunächst einmal das Erzeugen von Transparenz über sämtliche, entlang einer Prozesskette vorliegende Schnittstellen. Es gilt nicht nur deren Vielfalt und Omnipräsenz aufzuzeigen, sondern auch eine Sensibilisierung für Verschwendungspotentiale zu erzeugen, welche bis dato nicht offensichtlich waren. Zugleich sollte ein Weg beschrieben werden, wie die hohe Anzahl an Schnittstellen bestmöglich zu bewältigen ist. All jene in gleichem Umfang zu betrachten, erscheint vielfach nicht zielführend. Für ein ausgewogenes Aufwand-Nutzen-Verhältnis müssen in erster Linie die kritischen und häufig auftretenden Schnittstellen herausgefiltert und weiterverfolgt werden. Hierzu bedarf es der Bereitstellung entsprechender Werkzeuge, die bei einer strukturierten und ursachenorientierten Analyse, Bewertung und Optimierung von Schnittstellen unterstützen können. Jedes von ihnen sollte sich dabei an den in Kapitel 4 festgelegten Eigenschaften eines schlanken Schnittstellenprozesses sowie den definierten Strategien und Prinzipien zur Optimierung von Schnittstellen orientieren. Nicht zuletzt ist im Vorgehen zu berücksichtigen, dass Änderungsplanungen an Schnittstellen nicht entkoppelt durchgeführt werden. Vielmehr müssen absichernde Mechanismen vorgesehen werden, welche die Auswirkungen von Maßnahmen auf die gesamte Logistikkette untersuchen, um lokale Optima und Prozessverschlechterungen in anderen Bereichen zu vermeiden. Unter Beachtung der aufgeführten Faktoren ist das in Abbildung 6-1 dargestellte mehrstufige Modell entstanden, dessen Schritte teilweise iterativ durchlaufen werden.

## 6.1 Beschreibung des Vorgehensmodells zum schlanken Schnittstellendesign



**Abbildung 6-1: Ablaufschritte des Vorgehensmodells zum schlanken Schnittstellendesign**

Um Schnittstellen entlang einer Prozesskette auf strukturierte Art und Weise zu begegnen, bedarf es anfangs einer größtmöglichen Transparenz, indem sämtliche Logistikfunktionen des betrachteten Wertstromes in einer Gesamtübersicht visualisiert werden. Dadurch entsteht einerseits ein erster Eindruck davon, in welches prozessuale Umfeld die Schnittstellen einzuordnen sind. Auf der anderen Seite wird mit der Abbildung des Ist-Zustandes auf Funktionsebene ein Detaillierungsniveau erreicht, welches eine lückenlose Schnittstellenerfassung ermöglicht. Als Werkzeug zur Aufnahme einer Wertschöpfungskette eignet sich die logistikorientierte Wertstromanalyse, welche prädestiniert ist für eine umfassende Abstraktion logistischer Abläufe. Als Ergebnis erhält man eine Aneinanderreihung verschiedener Funktionen, so dass in einem nächsten Schritt sukzessive nochmals alle vorliegenden Funktionspaare durchlaufen werden können mit der Absicht, jeweils potentielle Schnittstellen zu identifizieren und entsprechend im Wertstrom einzuzeichnen. Für physische, informationelle und menschliche Schnittstellen stehen dabei unterschiedliche Symbole zur Verfügung. Ergänzend zur graphischen Hervorhebung wird jede Schnittstelle separat auch anhand bestimmter Parameter beschrieben. Nachdem sämtliche Güter-, Informations- und Verantwortungsübergänge innerhalb des Wertstromes gekennzeichnet wurden, wird der Gesamtprozess mit all seinen

Schnittstellen in mehrere sogenannte Optimierungsschleifen untergliedert, die voneinander losgelöst behandelt werden können. Dieser Vorgang dient der Komplexitätsreduzierung, da für das weitere Vorgehen zunächst lediglich der Teilabschnitt mit dem höchsten Schnittstellenanteil berücksichtigt wird. Die Auswahl erfolgt dabei auf Grundlage der ermittelten Schnittstellenquoten aller Schleifen. Nach der Festlegung des Untersuchungsbereiches werden alle darin vorkommenden Schnittstellen anhand eines schlanken Leitbildes analysiert und bewertet. Die gewonnenen Erkenntnisse werden jeweils in zwei Kennzahlen zusammengefasst, womit eine Aussage sowohl über die Kritikalität als auch die Auftrittshäufigkeit einer spezifischen Schnittstelle getroffen werden kann. Um vor der Ausarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen den Betrachtungsraum weiter einzugrenzen, werden die beiden Kennzahlenwerte je Schnittstelle danach in ein Kritikalitäts-Häufigkeits-Portfolio eingetragen. Dieses ist in drei Zonen eingeteilt, welche unterschiedliche Dringlichkeitsstufen repräsentieren. Somit wird sichergestellt, dass der Fokus im Anschluss auf diejenigen Schnittstellen gerichtet wird, die aufgrund ihrer Positionierung im Portfolio den größten Optimierungsbedarf aufweisen. Nachdem eine Schnittstelle selektiert wurde, kann hierfür in einem weiteren Schritt ein Optimierungsansatz bestimmt werden. Als Unterstützung bei der Gestaltung schlanker Schnittstellen sollen die im Rahmen der Dissertation bereits aufgezeigten Strategien, Prinzipien sowie exemplarischen Handlungsempfehlungen dienen. Auf den Entwurf einer Maßnahme folgt eine Abschätzung der damit verbundenen Auswirkungen auf die betroffene Schnittstelle. Zu diesem Zweck wird beurteilt, ob und inwieweit sich deren Kritikalität und Auftrittshäufigkeit reduzieren lassen. Außerdem dürfen zur Vermeidung von Insellösungen potentielle Nachteile einer Schnittstellenänderung auf die gesamte Logistikkette nicht außer Acht gelassen werden. Neben der Untersuchung der zu erzielenden Effekte gilt es eine Verbesserungsidee ferner hinsichtlich der Faktoren Machbarkeit, Risiken und Wirtschaftlichkeit zu bewerten. Erst bei einem positiven Ergebnis nach Abwägung aller entscheidungsrelevanten Aspekte wird die Umsetzung einer Maßnahme in die Wege geleitet. Am Ende wird noch eine Überprüfung der Zielerreichung angestoßen, indem die Einhaltung der erwarteten Optimierungsziele kontrolliert wird. Bei der Feststellung von Diskrepanzen sind entsprechende Nachjustierungen vorzunehmen. Der letzte Schritt des Vorgehensmodells befasst sich mit der stetigen Weiterentwicklung einer Schnittstelle. Deren Behandlung darf durch die Realisierung einer Einzellösung nicht als abgeschlossen angesehen werden. Stattdessen sollte das Bestreben vorhanden sein, in regelmäßigen Zeitabständen nach neuen Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der Schnittstelle zu suchen.

Die ersten drei Schritte des Vorgehensmodells zum schlanken Schnittstellendesign sind pro Logistikkette nur einmal zu durchlaufen, während die nächsten beiden sukzessive bei allen gebildeten Optimierungsschleifen anfallen. Die letzten sieben Stufen müssen wiederum bei jeder ausgewählten Schnittstelle einer Schleife in zyklischer Abfolge wiederholt werden. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit richtet sich auf die ersten acht Schritte, weshalb jene in den folgenden Abschnitten im Detail beschrieben werden.

### 6.1.1 Abbildung einer Logistikkette

Mit der logistikorientierten Wertstromanalyse wurde im Forschungsprojekt LEAN:log eine Methode zur Aufnahme, Visualisierung und Analyse von Logistikketten entwickelt. Die Grundintention liegt darin, die Transparenz in den vorliegenden Abläufen zu erhöhen und in diesem Kontext Optimierungspotentiale aufzudecken. In den Mittelpunkt der Betrachtung rückt der Beitrag der Logistik zur betrieblichen Wertschöpfung, was das entscheidende Differenzierungsmerkmal zum klassischen Wertstromdesign nach Mike Rother und John Shook beschreibt. Hierbei wird das Hauptaugenmerk auf die Darstellung und Optimierung von Produktionsprozessen gerichtet. In ihrem Buch „Learning to See – Value-stream mapping to create value and eliminate muda“<sup>11</sup> präsentieren Rother und Shook mit dem Wertstromdesign eine Möglichkeit, fließende Prozesse mit kürzesten Durchlaufzeiten, niedrigsten Kosten, höchster Qualität und der notwendigen Flexibilität zu erreichen. Zu diesem Zweck werden alle im Ist-Zustand vorliegenden Material- und Informationsflüsse nach einer ursprünglich bei Toyota eingesetzten Darstellungsform abgebildet. Auffallend ist die Tatsache, dass logistische Tätigkeiten in den Wertströmen zwar berücksichtigt werden, jedoch im Vergleich zu Produktionsprozessen auf einem deutlich geringeren Detaillierungsniveau. Während beispielsweise ein Gütertransport nur als Pfeil und ein Materialbestand lediglich als Dreieck erfasst werden, erfolgt für die einzelnen Prozesse in der Fertigung eine Ermittlung von spezifischen Daten wie Zyklus- und Rüstzeiten, Ausschussraten oder die Anzahl an eingesetzten Mitarbeitern. Auf Grundlage der dokumentierten Abläufe wird anschließend ein verbesserter Soll-Zustand abgeleitet. Mit Hilfe des Wertstromdesigns lassen sich Verschwendungen entlang einer Prozesskette sowie deren Ursachen identifizieren. Außerdem wird ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt, indem an einem Gesamtbild gearbeitet wird,

---

<sup>11</sup> Die deutsche Fassung der englischsprachigen Originalausgabe erschien im Jahre 2000 unter dem Titel „Sehen lernen“.

anstatt Einzelprozesse zu verbessern. Durch seinen mittlerweile hohen Verbreitungsgrad ist das Wertstromdesign zu einem in der Praxis etablierten Analyse- und Optimierungswerkzeug herangereift. Gleichwohl erweisen sich neben dem geringen Informationsgehalt bei Logistikfunktionen auch fehlende Standardisierungen bei den Prozessbezeichnungen als nachteilig ([Kle-2013a, S. 135f.], [Knö-2013, S. 135f.], [Rot-2000, S. IVff.]).

Für einen erfolgsversprechenden Einsatz des Wertstromdesigns im Logistikumfeld bedarf es einer Weiterentwicklung, die den erkannten Schwachpunkten der Methode in entsprechender Weise begegnet, ohne dabei auf ihre zahlreichen Vorzüge zu verzichten. Vor diesem Hintergrund wird mit der logistikorientierten Wertstromanalyse der Versuch unternommen, das herkömmliche Wertstromdesign an Logistikbedürfnisse anzupassen. Ein erster Adaptionsschritt zielt auf die Verwendung standardisierter Logistikfunktionen bei der Prozessaufnahme ab. Gleiche Tätigkeiten erhalten bei der Abbildung des Wertstromes bisher oftmals unterschiedliche Bezeichnungen, wodurch auf den ersten Blick schwer zu erkennen ist, in welcher Häufigkeit gleiche Logistikfunktionen im Prozessverlauf erscheinen. Durch eine begriffliche Vereinheitlichung können wiederholt auftretende Funktionen rasch erkannt werden. Die Vermeidung von individuellen Betitelungen erhöht außerdem das allgemeine Prozessverständnis und schafft eine gute Vergleichsbasis bei der Gegenüberstellung verschiedener Logistikketten. Die im Rahmen von LEAN:log definierten Logistikfunktionen wurden in Kapitel 2.2.2 bereits vorgestellt, bevor deren Umfang in Kapitel 4.3 mit Blick auf die vorliegende Arbeit nochmals geringfügig abgeändert wurde. Der zweite wesentliche Adaptionsschritt befasst sich mit der Erarbeitung von standardisierten Prozesskästen für jeden Prozesstyp. Die erste Zeile soll dabei jeweils die zugrunde liegende Logistikfunktion beinhalten, während jene in einer zweiten Zeile über ein Freitextfeld näher beschrieben werden kann. Anschließend folgt ein spezifischer Datenblock mit funktionsrelevanten Parametern. Bei einem Transportvorgang werden an dieser Stelle etwa Angaben zu den in Tabelle 6-1 aufgelisteten Attributen eingefordert. Die erhaltenen Informationen sollen zum einen wichtige Hinweise auf mögliche Verschwendungen innerhalb eines Prozesses liefern und zum anderen bei der späteren Soll-Prozessplanung unterstützen ([Kle-2013b, S. 225ff.], [Knö-2013, S. 136ff.]).

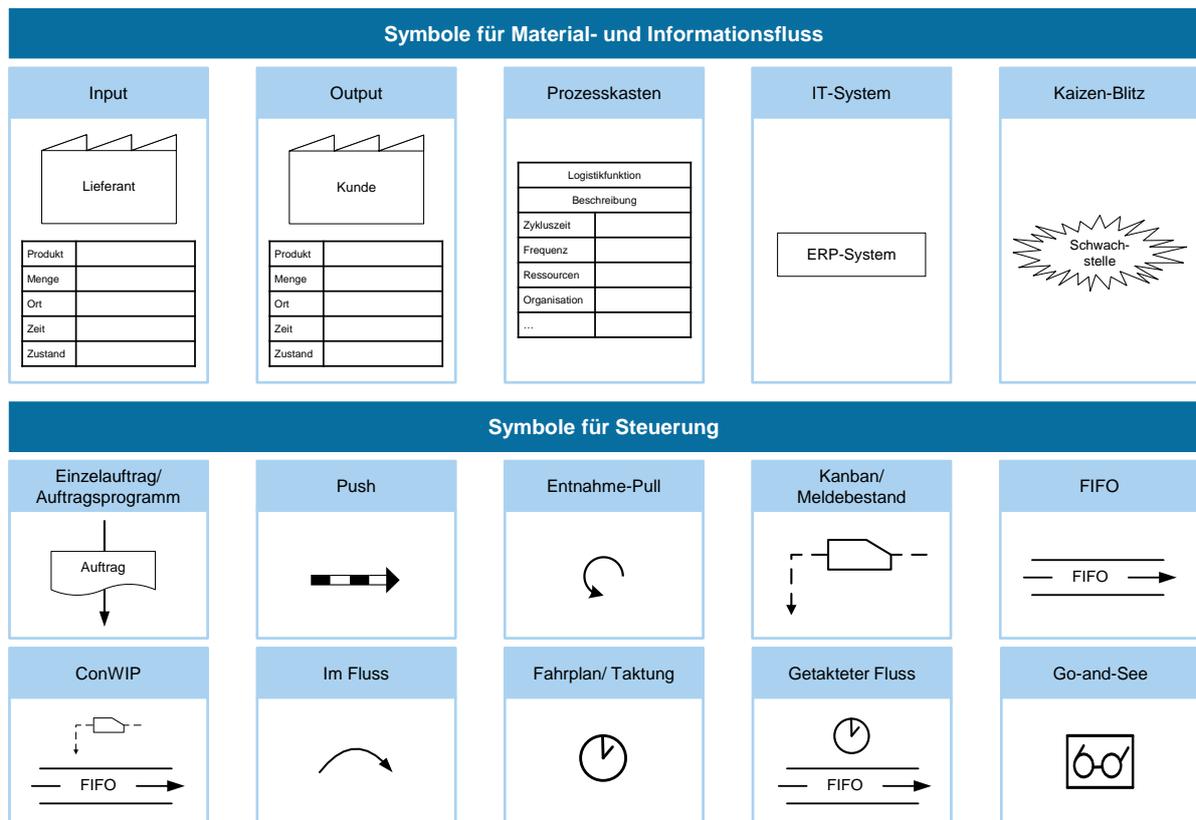
Transportieren	
Beschreibung des Transportvorganges	
Strecke	Quelle, Senke, Entfernung
Zykluszeit	Verteilungsfunktion mit Minimum, Maximum und Durchschnitt
Frequenz	ggf. Verteilungsfunktion
Ladung	sortenrein/ gemischt
Ladungsträger	Behältertyp, Behälterkapazität
Kapazität	Anzahl Ladungsträger, Auslastung Transportmittel
Ressourcen	Transportmittel, Mitarbeiter, Informationen
Organisationsform	z. B. 1:1-Direktverkehr, 1:n-Routenverkehr, n:1-Milk-Run

**Tabelle 6-1: Prozesskasten zur Logistikfunktion Transportieren  
(in Anlehnung an [Knö-2013, S. 140])**

Bei der Visualisierung eines logistikorientierten Wertstromes werden neben den Prozesskästen eine Reihe an weiteren Elementen eingesetzt, um sowohl Material- und Informationsflüsse als auch deren Steuerung vollständig abbilden zu können. Die verwendete Symbolik (siehe Abbildung 6-2) orientiert sich überwiegend an jener des klassischen Wertstromdesigns, um einen schnellen Einstieg in die neue Methodik zu gewährleisten und dem Anwender zugleich ein vertrautes Bild zu vermitteln. Über die zur Verfügung gestellten Symbole lassen sich alle in der Praxis gängigen Steuerungsszenarien darstellen. So kann ein Prozess beispielsweise über einen Einzelauftrag oder ein festgelegtes Auftragsprogramm ausgelöst werden. Denkbar ist ebenso eine Push-Steuerung, welche unabhängig vom Bedarf agiert. Daraus resultieren zumeist hohe Bestände sowie ein ungleichmäßiger Materialfluss. Entgegengesetzt dazu verhalten sich Pull-Steuerungen, die sich am tatsächlichen Materialverbrauch orientieren. Als Realisierungsformen lassen sich die Teileentnahme nach dem Pull-Prinzip und Kanban-Regelkreise unterscheiden. Bei Letzteren wird der Verbrauch einer Einheit an den vorgelagerten Produktions- oder Logistikprozess gemeldet, wodurch ein entsprechender Materialnachschub angestoßen wird. Jener kann alternativ auch erst bei der Unterschreitung eines definierten Meldebestandes erfolgen. Zwei Prozesse können ferner über das FIFO-Prinzip (First-In-First-Out) steuerungstechnisch miteinander verknüpft werden. Dabei werden Waren oder Aufträge gemäß ihrer Eingangsreihenfolge entnommen bzw. bearbeitet. Eine Steigerungsform bietet die sogenannte ConWIP-Steuerung (Constant Work-In-Process), welche mehrere, nach dem FIFO-Prinzip verbundene Prozesse

umfasst. Der Bestand in einer derartigen Steuerungsschleife bleibt stets konstant. Sobald am Schleifenende die Bearbeitung eines Gutes oder eines Auftrages abgeschlossen ist, wird ein Nachschubprozess am Schleifenanfang gestartet. Eine weitere Steuerungsmöglichkeit besteht darin, einen Vorgang unmittelbar an den vorangegangenen anschließen zu lassen. Durch die unverzügliche Ausführung werden Wartezeiten verhindert, so dass sich die betroffenen Prozesse im Fluss befinden. Nicht selten dient auch ein Fahrplan oder ein fix vorgegebener Takt als Impulsgeber gerade beim Transportieren bzw. Fördern. Als typisches Beispiel lassen sich Routenzüge bei der internen Materialversorgung nennen, die bestimmte Abfahrts- und Ankunftszeiten einzuhalten haben. Eine Kombination aus den beiden zuletzt dargelegten Steuerungsarten führt zu einer Verkettung von Prozessen in Form eines getakteten Flusses, wie es etwa bei einem automobilen Montageband zu beobachten ist. In gleichen, zyklisch wiederkehrenden Zeitabständen werden hierbei Fahrzeuge bearbeitet und anschließend in FIFO-Reihenfolge an den nächsten Prozessschritt übergeben. Darüber hinaus existieren Steuerungen, welche keinen festen Regeln, sondern den individuellen Vorgaben und Einschätzungen des Prozessverantwortlichen unterliegen. Bei diesem als Go-and-See-Prinzip bezeichneten Verfahren werden die Entscheidungen vielfach situationsbedingt und auf Basis von Erfahrungswerten getroffen ([Kle-2013b, S. 234ff.], [Knö-2013, S. 139ff.]).

## 6.1 Beschreibung des Vorgehensmodells zum schlanken Schnittstellendesign

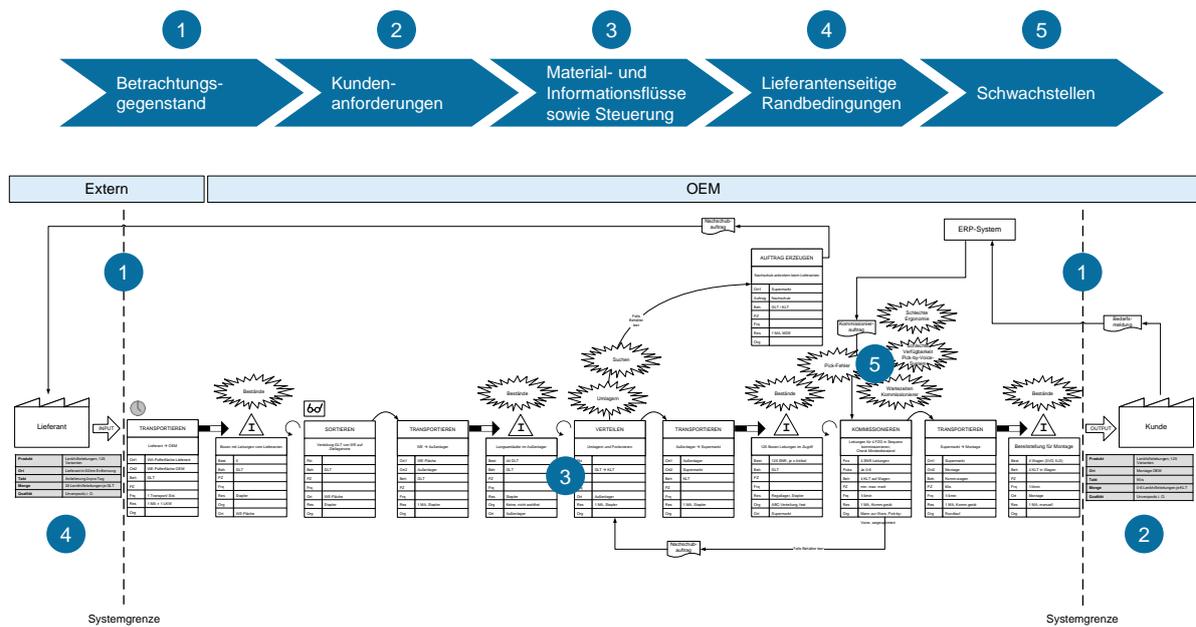


**Abbildung 6-2: Symbolik der logistikorientierten Wertstromanalyse  
(in Anlehnung an [Knö-2013, S. 141])**

Die Erstellung und Analyse eines logistikorientierten Wertstromes beinhaltet fünf wesentliche Schritte. Zuerst muss der Betrachtungsgegenstand definiert werden, bevor mit der eigentlichen Prozessaufnahme gestartet werden kann. Dazu bedarf es zum einen der Festlegung des konkreten Analysebereiches, indem die Systemgrenzen der zu betrachtenden Logistikkette sowohl auf Kunden- als auch Lieferantenseite bestimmt werden. Es hat sich in der Praxis als sinnvoll erwiesen, als Quelle sowie Senke eines Wertstromes jeweils einen Produktionsprozess zu selektieren und in der Folge die dazwischen stattfindenden Logistikprozesse zu untersuchen. Neben der Einschränkung des Analysebereiches gilt es weiterhin eine Produkt- bzw. Auftragsfamilie zu bilden. Demnach sollen lediglich diejenigen Produkte oder Aufträge in den Fokus rücken, welche gleichen oder sehr ähnlichen logistischen Abläufen unterliegen. Dieser erste Schritt dient hauptsächlich einer Reduzierung der Systemkomplexität, indem die in der Realität vorliegende Prozessvielfalt auf verschiedene Wertströme aufgeteilt wird. Nach der Fixierung des Betrachtungsgegenstandes kann die ausgewählte Logistikkette visualisiert werden. Als erstes wird der Kunde zusammen mit seinen Anforderungen auf der rechten Seite der Wert-

stromkarte eingezeichnet. Jene repräsentieren den Kundenwert und beziehen sich – wie in Kapitel 3.2.2 bereits ausführlich diskutiert – auf die Produkte, welche der Kunde in einer bestimmten Menge, an einem bestimmten Anlieferort, zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. in einem bestimmten Takt, in einem bestimmten Zustand und unter Umständen zu bestimmten Zielkosten erwartet. Mit der Beschreibung des Kundenwertes wird die geforderte logistische Leistung dargelegt, womit die tatsächlich im Ist-Prozess erbrachte Leistung später verglichen wird. Beginnend beim Kunden werden in einer dritten Stufe nach dem Line-back-Ansatz schrittweise alle Logistikfunktionen bis zurück zum Lieferanten ermittelt und anhand von Prozesskästen dokumentiert. Bei jedem Prozess gilt es Informationen zum Beispiel hinsichtlich dessen Dauer, der Auftrittshäufigkeit oder der zur Durchführung benötigten Ressourcen in Erfahrung zu bringen. Somit lassen sich sämtliche Material- und Informationsflüsse in einem Wertstrom über die einzelnen Prozesskästen und die verwendeten IT-Systeme darstellen. Letztere werden im Rahmen der Dissertation allerdings nicht über ein eigenes Symbol erfasst, sondern ebenfalls als Logistikfunktion behandelt, da das Speichern und Verarbeiten von Daten in einem IT-System als Dokumentieren interpretiert wird. Um die steuerungstechnischen Zusammenhänge zwischen allen Elementen eines Wertstromes aufzuzeigen, wird darüber hinaus für jeden Prozess der entsprechende Auslöser bestimmt. Der vierte Schritt der logistikorientierten Wertstromanalyse rundet die Prozessaufnahme ab, indem abschließend der Lieferant und dessen Rahmenbedingungen eingezeichnet werden. Hierbei ist zu klären, welche Produkte in welcher Menge, von welchem Standort aus, in welchen Zeitabständen und in welchem Zustand ausgeliefert werden. Basierend auf der abgebildeten Ist-Situation der Logistikkette erfolgt zuletzt eine Analyse von Schwachstellen, welche in Form von sogenannten Kaizen-Blitzen im Wertstrom visualisiert werden. Hierbei müssen alle Prozesse im Hinblick auf ihre Notwendigkeit und den jeweils erzeugten Kundennutzen kritisch hinterfragt werden. Die aufgenommenen Kenngrößen in den Prozesskästen sollen ferner Hinweise auf mögliche Verbesserungspotentiale innerhalb der Prozesse geben. Bei der Identifikation von Schwachstellen können die sieben Arten der Verschwendung in der Logistik unterstützen (siehe Kapitel 3.2.2). Die geschilderten Vorgehensschritte werden anhand eines exemplarischen Wertstromes in Abbildung 6-3 nochmals graphisch demonstriert ([Kle-2013a, S. 138ff.], [Knö-2013, S. 141f.]).

## 6.1 Beschreibung des Vorgehensmodells zum schlanken Schnittstellendesign



**Abbildung 6-3: Vorgehensschritte im Rahmen der logistikorientierten Wertstromanalyse (in Anlehnung an [Knö-2013, S. 143])**

### 6.1.2 Erfassung von Schnittstellen in einer Logistikkette

Nach der Aufzeichnung des Wertstromes kann damit begonnen werden, die einzelnen Logistikfunktionen nochmals schrittweise zu durchlaufen und in diesem Zuge alle auftretenden Schnittstellen zu erfassen. Jene werden – wie aus Abbildung 6-4 ersichtlich wird – in Symbolform direkt in die Wertstromkarte integriert. Jede der drei Schnittstellenarten verfügt als Klassifizierungsmerkmal über ein individuelles Symbol, das zwischen zwei horizontal oder vertikal angeordneten Funktionen platziert wird. Des Weiteren erhalten die physischen, informationellen sowie menschlichen Schnittstellen jeweils eine eigene fortlaufende Nummerierung, um eine eindeutige Identifizierung zu gewährleisten.

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

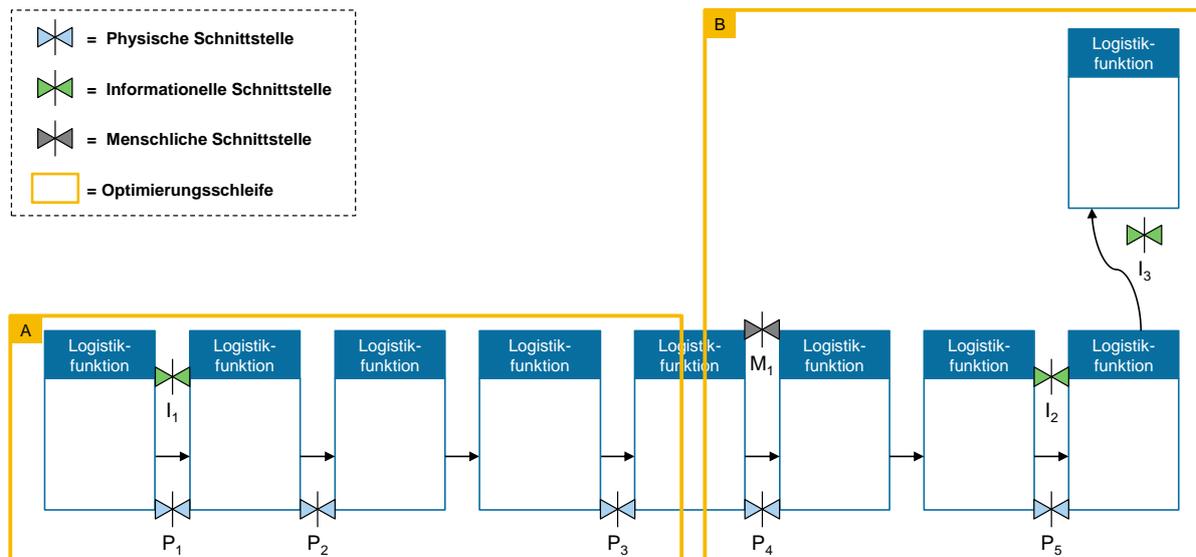


Abbildung 6-4: Darstellung von Schnittstellen entlang einer Logistikkette

Neben der Lokalisierung und Kategorisierung werden die Schnittstellen parallel in tabellarischer Weise beschrieben. Hierzu werden standardisierte Dokumentationsblätter nach dem Vorbild aus Abbildung 6-5 verwendet, deren inhaltlicher Aufbau für jede Schnittstellenart identisch ist. Lediglich die vorgegebenen Parameter unterscheiden sich geringfügig. Nach der Erfassung der beiden Logistikfunktionen, zwischen denen eine Schnittstelle auftritt, wird die im spezifischen Falle transferierte physische Ware bzw. Information festgehalten. Weiterhin werden die typabhängig variierenden Quellen und Senken eines Schnittstellenprozesses aufgenommen. Dabei kann es sich sowohl um Arbeitsmittel als auch Informationsträger und Personen handeln. Abschließend wird der Prozessablauf an der Schnittstelle noch kurz verbal dargelegt.



Nr.	Funktionspaar	Transferiertes Gut	Arbeitsmittel/ Person 1	Arbeitsmittel/ Person 2	Beschreibung
P <sub>1</sub>					
P <sub>2</sub>					



Nr.	Funktionspaar	Transferierte Information	Informations- träger/ Person 1	Informations- träger/ Person 2	Beschreibung
I <sub>1</sub>					
I <sub>2</sub>					



Nr.	Funktionspaar	Person 1	Person 2	Beschreibung
M <sub>1</sub>				
M <sub>2</sub>				

**Abbildung 6-5: Dokumentationsblätter zur Beschreibung von Schnittstellen**

### 6.1.3 Gruppierung von Schnittstellen zu Optimierungsschleifen

Nach der Erfassung und Abbildung des Ist-Zustandes entsteht ein zumeist sehr umfassendes Gebilde aus einer Vielzahl an Prozessen und Schnittstellen entlang einer Logistikkette. Die Herausforderung liegt nun darin, eine gewisse Struktur zu schaffen, die das anschließende Analyse- und Optimierungsverfahren vereinfacht und handhabbar macht. Deswegen gilt es im Zuge einer Modularisierung und Fokussierung die gesamte Prozesskette in mehrere Teilbereiche zu gliedern ganz getreu dem Motto, einen Elefanten in Scheiben zu schneiden. Zu diesem Zweck werden jeweils mehrere Logistikfunktionen inklusive ihrer Schnittstellen zu sogenannten Optimierungsschleifen zusammengefasst, welche als übergeordnete Prozessabschnitte fungieren sollen (siehe Abbildung 6-4). Die Gruppierung sollte dabei nicht willkürlich geschehen. Vielmehr ist darauf zu achten, dass die einzelnen Schleifen inhaltlich gut voneinander abzugrenzen sind. Als potentielle Entkopplungspunkte eignen sich Puffer, Lager oder Übergänge zwischen dem werksinternen und externen Materialfluss. Die Art und Weise der Unterteilung obliegt dem Planer und basiert auf dessen Erfahrungsschatz. Neben einer Komplexitätsreduzierung erzeugt dieses Vorgehen zudem ein Positivum bei der späteren Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen. Durch die Gruppenbildung entsteht der Effekt,

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

dass eine Schnittstelle nicht losgelöst von den vor- und nachgelagerten Prozessen behandelt wird, sondern in deren Kontext. Somit lassen sich unmittelbar Abhängigkeiten sowie Auswirkungen bestimmter Optimierungsansätze auf andere Funktionen und Schnittstellen innerhalb einer Schleife berücksichtigen.

Für jeden Prozessabschnitt wird eingangs eine kurze Informationsübersicht erstellt, welche als Entscheidungsgrundlage bei der Festlegung der Reihenfolge dient, nach der anschließend die definierten Schleifen angegangen werden. Abbildung 6-6 zeigt den blockweisen Aufbau des Datenblattes.

Allgemeine Angaben					
Unternehmen:	<input type="text"/>	Standort:	<input type="text"/>		
Betrachtungszeitraum:	<input type="text"/>	bis	<input type="text"/>		
Ersteller:	<input type="text"/>	Firma:	<input type="text"/>	Abteilung:	<input type="text"/>

Angaben zur betrachteten Optimierungsschleife		
▪ Bezeichnung:	<input type="text"/>	
▪ Beschreibung:	<input type="text"/>	
▪ Anzahl enthaltener Schnittstellen (W):		
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<hr/> <hr/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
$\Sigma$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
▪ Anzahl enthaltener Logistikfunktionen (X):	<input type="text"/>	

 Schnittstellenquote =  $\frac{W}{X}$  =

**Abbildung 6-6: Datenblatt einer Optimierungsschleife**

Neben allgemeinen Rahmendaten zum Projekt wird zuerst eine aussagekräftige Bezeichnung für die betrachtete Optimierungsschleife gewählt, bevor eine kurze Beschreibung folgt, um deren Zusammensetzung und Umfang schnell nachvollziehen zu können. Als nächstes erfolgt die numerische Erfassung sämtlicher Schnittstellen, welche der vorliegenden Schleife zuzurechnen sind. Die Einzelmengen an physischen, informationellen und menschlichen Schnittstellen werden dabei zu einer Gesamtzahl addiert. Ein hoher Summenwert lässt tendenziell auf zahlreiche Flussunterbrechungen und Durchlaufzeitverlängerungen schließen. Allerdings ist der resultierende Wert auch stark abhängig von der Größe des Prozessabschnittes.

Um mehrere Teilbereiche einer Logistikkette vergleichen zu können, bedarf es somit einer Normierung. Deswegen werden zusätzlich alle in einer Schleife auftretenden Logistikfunktionen registriert. Wenn beide Zahlenwerte zueinander ins Verhältnis gesetzt werden, ergibt sich die Schnittstellenquote einer Optimierungsschleife nach folgender Formel:

$$\text{Schnittstellenquote} = \frac{\text{Anzahl Schnittstellen pro Schleife}}{\text{Anzahl Logistikfunktionen pro Schleife}} \times 100\%$$

Mit Hilfe dieser Kennzahl wird eine Gegenüberstellung der verschiedenen Prozessabschnitte auf gleichem Level ermöglicht, so dass im Anschluss derjenige für eine Detailanalyse selektiert werden kann, welcher über die höchste Schnittstellendichte verfügt.

### 6.1.4 Analyse und Bewertung von Schnittstellen

Mit der Aufteilung des gesamten Wertstromes in mehrere Optimierungsschleifen und der Ermittlung der jeweils zugrunde liegenden Schnittstellenanteile wird eine Möglichkeit geschaffen, den Komplexitätsgrad vor der Analysephase signifikant zu reduzieren. Ein Logistikplaner wird nun in die Lage versetzt, die weiteren Aktivitäten innerhalb des Vorgehensmodells zunächst auf eine Schleife zu begrenzen. Somit werden ausschließlich deren enthaltene Schnittstellen für eine umfangreiche Analyse und Bewertung herangezogen. Als unterstützendes Werkzeug kommt hierbei eine Bewertungsmatrix zum Einsatz. Ihre Funktion liegt primär darin, mit Hilfe der beiden Dimensionen Kritikalität und Auftrittshäufigkeit die Tragweite einer Schnittstelle zu identifizieren. Die resultierenden Werte bilden die Datengrundlage für die anschließende Positionierung der Schnittstelle in einem Kritikalitäts-Häufigkeits-Portfolio. Davon hängt letztlich ab, mit welcher Priorität sie im weiteren Verlauf behandelt wird. Darüber hinaus sollen anhand der Beurteilungsergebnisse bereits erste Schlüsse in Bezug auf mögliche Optimierungsbereiche sowie entsprechende Ansatzpunkte gezogen werden können. Der strukturelle Aufbau einer Bewertungsmatrix sei in Tabelle 6-2 am Beispiel einer physischen Schnittstelle dargestellt. Die Matrizen für informationelle und menschliche Schnittstellen werden bei der Validierung des Vorgehensmodells in Kapitel 6.2.5 aufgezeigt.

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

		Ist-Zustand							
✕	Nr.	Bewertungskriterium	Beschreibung	Verschwendungspotentiale	Qualitative Bewertung			Gewichtung	Gewichtete Bewertung
					gut	mittel	schlecht		
A	1	Arbeitssicherheit							
	2	Ergonomie							
	3	Zusammenarbeit im Team							
Mitarbeiter	4	Ordnung am Arbeitsplatz							
	5	Visualisierungen							
Ordnung und Sauberkeit	6	Fehlerwahrscheinlichkeit							
	7	Standardisierungsgrad unter den Arbeitsmitteln/ Personen							
Standardisierung	8	Standardisierungsgrad der Arbeitshöhen							
	9	Standardisierungsgrad der Abläufe							
Ziehender Fluss	10	Flussgrad							
Stabilität	11	Technische Ressourcenverfügbarkeit							
	12	Organisatorische Ressourcenverfügbarkeit							
Synchronisation	13	Abstimmung der Arbeitsmittel/ Personen untereinander							
	14	Abstimmung zwischen Arbeitsmitteln/ Personen und transferiertem Gut							
Ressourceneffizienz	15	Durchlaufzeit							
	16	Personalbedarf							
	17	Flächenbedarf							
Langfristigkeit	18	Bedarf an Arbeitsmitteln							
	19	Technische Flexibilität							
	20	Organisatorische Flexibilität							
					Kritikalität	Σ	0	0	
B	21	Schnittstellenprozesse je Los (Y)							
	22	Lose je Zeitintervall (Z)							
Quantität									Auftrittshäufigkeit = Y x Z =

**Tabelle 6-2: Bewertungsmatrix für physische Schnittstellen**

Die Matrix lässt sich in zwei voneinander unabhängige Kernabschnitte unterteilen. Der inhaltlich überwiegende Bereich A umfasst diverse qualitative Bewertungskriterien, aus denen die Kritikalität einer Schnittstelle ermittelt wird. Jene orientieren sich nicht nur unmittelbar an den Unterprinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses, sondern sind zudem auch entsprechend kategorisiert. Auf diese Weise soll eine vollumfängliche und zielorientierte Betrachtung einer Schnittstelle aus dem Blickwinkel der Lean-Philosophie ermöglicht werden. Die Kriterien sind – bis auf wenige Ausnahmen – für alle drei Schnittstellenarten identisch.

Als erstes wird die Arbeitssituation der am Schnittstellenprozess beteiligten Personen beurteilt. Hierbei wird sich zunächst der **Arbeitssicherheit** gewidmet, indem die Unfall- und Verletzungsgefahr bei der Prozessausführung untersucht wird. Sicherheitsrisiken können sowohl durch die Schnittstelle an sich als auch deren näheres Arbeitsumfeld hervorgerufen werden. Einen wesentlichen Einflussfaktor stellt auch die **Ergonomie** dar. Um eine möglichst vielseitige Analyse der vorliegenden Arbeitsbedingungen zu erhalten, wird neben dem Witterungsschutz am Arbeitsplatz und menschlichen Körperhaltungen ebenso die Einhaltung von bestimmten Grenz-

werten für Hublasten<sup>12</sup>, Lärmpegel<sup>13</sup>, Vibrationen<sup>14</sup> sowie Beleuchtungen<sup>15</sup> überprüft. Im Rahmen von informationellen Schnittstellen gilt es zudem die Handhabbarkeit einer Bedienoberfläche zu betrachten, sofern Daten in ein IT-System eingegeben bzw. daraus entnommen werden. Des Weiteren erfolgt eine Bewertung der **Zusammenarbeit im Team**, wobei nicht nur die gegenseitige Unterstützung an der Schnittstelle selbst ausschlaggebend ist, sondern gleichermaßen auch jene durch die vor- und nachgelagerten Prozesse.

Die zweite Kategorie befasst sich zum einen mit der **Ordnung am Arbeitsplatz** als Grundvoraussetzung für einen effektiven Schnittstellenprozess. In diesem Kontext werden Faktoren wie Übersichtlichkeit oder das Vorhandensein von definierten Plätzen für benötigtes Equipment beleuchtet. Zum anderen wird die Existenz von **Visualisierungen** in verschiedensten Ausprägungsformen hinterfragt, welche beim Übergang eines Gutes, einer Information bzw. einer personellen Verantwortung unterstützen sollen.

Im Zuge der Null-Fehler-Strategie rückt als nächstes Kriterium die **Fehlerwahrscheinlichkeit** eines Schnittstellenprozesses in den Fokus. Ein Fehler kann – wie Abbildung 4-25 aus Kapitel 4.5.4 gezeigt hat – in vielerlei Facetten auftreten, weshalb die mögliche Bandbreite von Teilverwechslungen über Informationsverluste bis hin zu Beschädigungen an einer Ware reichen kann.

Der vierte Beurteilungsblock befasst sich mit der Standardisierung einer Schnittstelle. Abhängig von ihrer Art wird das Augenmerk auf unterschiedliche Aspekte gelegt. Bei einem physischen Transfer ist der **Standardisierungsgrad unter den Arbeitsmitteln und Personen** in Bezug auf die verwendeten Techniken bei der Güteraufnahme, -beförderung und -abgabe von Interesse. Ebenso spielen die **Arbeitshöhen** der beteiligten Arbeitsmittel eine wichtige Rolle. Ein gleiches Höhenniveau sorgt für ein schnelleres Überwechseln der Ware. Bei manuellen Prozessen ergeben sich zudem ergonomische Vorteile, sobald die Entnahme bzw. Ablage ei-

---

<sup>12</sup> Die zumutbare Last bei häufigerem Heben und Tragen beträgt bei Frauen 10 kg und bei Männern in Abhängigkeit des Lebensalters zwischen 20 und 30 kg [Ber-2011a, S. 15].

<sup>13</sup> Der untere Auslösewert bei Lärm beträgt 80 dB(A) [Bun-2007b, S. 5].

<sup>14</sup> Für Hand-Arm-Vibrationen beträgt der Auslösewert  $2,5 \text{ m/s}^2$ , während er für Ganzkörper-Vibrationen bei  $0,5 \text{ m/s}^2$  liegt [Bun-2007b, S. 6].

<sup>15</sup> Der Mindestwert der Beleuchtungsstärke liegt zum Beispiel in einer automobilen Montage bei 500 lx, während er im Versand- und Verpackungsbereich bei 300 lx liegt [Bun-2011, S. 15ff.].

nes Artikels innerhalb der Armreichweite erfolgt. Bei informationellen Schnittstellen gilt es hingegen auf den **Standardisierungsgrad unter den Informationsträgern und Personen** zu achten, zumal hierbei die Techniken zur Speicherung und Verarbeitung von Informationen nicht selten variieren. So können Daten beispielsweise in elektronischer Form, auf Papier oder im menschlichen Gehirn festgehalten werden. Bei einem elektronischen Informationsaustausch sollten zusätzlich die **Datenformate** inspiziert werden. Es ist der Fragestellung nachzugehen, in welcher Form die Daten vor bzw. nach der Übertragung vorliegen und ob dazwischen ein Umwandlungsprozess stattfindet, der unter Umständen fehler- oder verlustbehaftet ablaufen kann. Im Rahmen einer menschlichen Schnittstelle wird der **Standardisierungsgrad unter den Kommunikationsmitteln** untersucht, indem die eingesetzten Techniken sowohl auf Sender- als auch Empfängerseite miteinander verglichen werden. Diese stimmen zum Beispiel nicht überein, wenn der Sender den Empfänger per E-Mail benachrichtigt, während Letzterer eine telefonische Mitteilung erwartet. Somit können sich Verantwortungsübergänge verzögern. Darüber hinaus gilt es die Kontinuität einer **Kommunikationsform** ins Visier zu nehmen. Eine Kommunikation, welche stets auf die gleiche Art und Weise erfolgt, schafft Verlässlichkeit und in der Folge reibungslose Schnittstellenprozesse. Ein Kriterium, das bei allen drei Schnittstellenarten ins Blickfeld rückt, ist der **Standardisierungsgrad der Abläufe**. Als Indiz für einheitliche und reproduzierbare Tätigkeitsfolgen gelten unter anderem fixe Vorgaben und Regeln in Gestalt von Arbeitsanweisungen.

Um schlanke Logistikketten realisieren zu können, bedarf es durchgängig fließender Prozesse. Demnach müssen auch Schnittstellen hinsichtlich ihres **Flussgrades** beurteilt werden. Zur Abschätzung des Gefahrenpotentials für Flussunterbrechungen werden an dieser Stelle die Steuerung sowie der Auslösezeitpunkt eines Schnittstellenprozesses als Parameter herangezogen.

Selbst ein unmittelbarer Prozessanstoß nach Abschluss der vorgelagerten Logistikfunktion garantiert keinen stetigen Material- und Informationsfluss an der vorliegenden Schnittstelle. Verantwortlich hierfür können Prozessinstabilitäten sein, weshalb die Betrachtung der **technischen Ressourcenverfügbarkeit** nicht vernachlässigt werden darf. Gerade bei der Verwendung von technisch sensiblen Maschinen und Geräten zur Abwicklung eines Güter- oder Informationstransfers ist deren Ausfallsicherheit kritisch zu hinterfragen. Allerdings können ebenso geringe Wartungszyklen, ein veraltetes Equipment oder ein unsachgemäßer Umgang zu einer eingeschränkten Nutzbarkeit führen.

Neben technischen Gesichtspunkten können außerdem Defizite bei der Ressourceneinsatzplanung Verzögerungen nach sich ziehen, sofern es nicht gelingt, alle benötigten Ressourcenströme zeitlich und örtlich zu synchronisieren. Jene Eigenschaft wird über die **organisatorische Ressourcenverfügbarkeit** gemessen. Das Vorhandensein der relevanten Ressourcen ermöglicht in Kombination mit deren Funktionsfähigkeit eine zeitnahe Abwicklung des Schnittstellenprozesses. Einen erheblichen Einfluss auf dessen Ausführungsgeschwindigkeit besitzt hingegen die **Abstimmung der einzelnen Arbeitsmittel, Informationsträger, Kommunikationsmittel und Personen untereinander**, welche ebenfalls in den Bereich der Synchronisation fällt. Es gilt in diesem Zusammenhang zu untersuchen, inwieweit zwei Systeme zum Beispiel bei einem mechanisierten Güterübergang oder einer elektronischen Datenübertragung harmonieren. Darüber hinaus ist die **Abstimmung mit dem transferierten Gut bzw. der transferierten Information** zu berücksichtigen. Es empfiehlt sich, insbesondere die Greif- und Aufnahmemöglichkeiten eines Produktes ins Auge zu fassen. Analog sollte bei informationellen Schnittstellen das Auslesen oder Abdrucken von Daten im Hinblick auf eventuelle Schwachpunkte überprüft werden.

Die achte Kategorie befasst sich mit der Art und Anzahl der eingesetzten Ressourcen während eines Schnittstellenprozesses. Zunächst wird dabei dessen **Durchlaufzeit** ermittelt, indem die anfallenden Handlungsschritte erfasst und zeitlich bewertet werden. Weiterhin sind der **Personal- und Flächenbedarf** festzuhalten, wobei Letzterer bei einer menschlichen Schnittstelle weniger von Bedeutung ist. In erster Linie sind Bewegungs-, Rangier- und Standflächen für Personen bzw. technisches Equipment entweder permanent oder temporär vorzuhalten. Je nach Schnittstellenart kann ein zusätzlicher **Bedarf an Arbeitsmitteln, Informationsträgern oder Kommunikationsmitteln** entstehen.

Der letzte Beurteilungsblock bezieht sich auf die perspektivische Ausrichtung einer Schnittstelle. Es ist anhand zweier Faktoren zu klären, ob jene langfristig ausgelegt ist, indem sie über Flexibilitätsreserven verfügt, welche eine entsprechende Reaktion auf neue Rahmenbedingungen erlauben. Unter dem Aspekt der **technischen Flexibilität** gilt es zum einen mengenmäßige Erweiterungsoptionen an einer Schnittstelle zu prüfen, die deren intensivere Nutzung ermöglichen würden. Auf der anderen Seite sollte der Anpassungsaufwand abgeschätzt werden, der bei Änderungen an den transferierten Gütern und Informationen oder an der verwendeten Ausrüstung anfallen würde. Bei der **organisatorischen Flexibilität** ist die Ortsab-

hängigkeit eines Schnittstellenprozesses zu hinterfragen. Hierbei sollte der Blick gezielt auf technische Fixpunkte gerichtet werden, da jene eine Prozessverlagerung oftmals erschweren oder gar verhindern. Darüber hinaus ist festzustellen, wie groß der Personenkreis ist, der theoretisch für die Prozessausführung in Frage kommt. Unter Umständen kann hierfür eine spezifische Qualifizierung wie etwa ein Stapler-Führerschein erforderlich sein, welche lediglich bestimmte Mitarbeiter in einem Unternehmen besitzen.

Keine Berücksichtigung in der Bewertungsmatrix finden die Oberprinzipien Ganzheitlichkeit und Integration. Beide besitzen einen übergeordneten Charakter und zielen daher weniger auf die Eigenschaften einer Schnittstelle ab. Vielmehr rücken hierbei Umstrukturierungen in der Logistikkette in den Fokus, um durch die Vorverlagerung, Kombination, Parallelisierung sowie Bündelung von Logistikfunktionen Schnittstellen entweder gänzlich eliminieren oder zumindest deren Prozesse reduzieren bzw. verschlanken zu können. Zugleich wird auf die Beurteilung der Perfektion verzichtet, da dieses Prinzip primär darauf ausgerichtet ist, die zyklisch wiederkehrende Betrachtung und Verbesserung einer Schnittstelle sicherzustellen. Demzufolge wird der Perfektionsgedanke erst im abschließenden Schritt des Vorgehensmodells aus Abbildung 6-1 aufgegriffen.

Im fünften Ausführungsschritt des Vorgehensmodells werden nun alle Schnittstellen einer ausgewählten Optimierungsschleife separat auf Grundlage der dargebotenen Aspekte analysiert. Hierzu wird zunächst jeweils der Ist-Zustand entweder in verbaler Form oder über Zahlenwerte beschrieben, bevor als nächstes potentielle Verschwendungen identifiziert und dokumentiert werden. Abgeleitet aus den Analyseergebnissen erfolgt anschließend eine qualitative Bewertung jedes einzelnen Kriteriums. Damit der Lean-Ansatz nicht nur auf den Inhalt des Bewertungsschemas transferiert wird, sondern sich zugleich in dessen Anwendung niederschlägt, kommt ein einfaches, schnelles und praxisorientiertes Beurteilungsverfahren zum Einsatz. Mit Hilfe einer Punkteskala, welche von null bis zwei Punkten reicht, kann der Erfüllungsgrad pro Kriterium als gut, mittel oder schlecht subjektiv abgeschätzt werden. Je niedriger ein vergebener Punktwert ist, desto besser schneidet die Schnittstelle in diesem Teilbereich ab bzw. desto geringer ist der dort aufgedeckte Handlungsbedarf. Eine feinere Differenzierung über zusätzliche Abstufungen erhöht die Bewertungskomplexität und erscheint demnach nicht zielführend, da die Intention der Matrix in erster Linie darin liegt, die kritischen von den weniger kritischen Schnittstellen zu separieren. Aus zweierlei Gesichtspunkten werden alle Beurteilungskrite-

rien zusätzlich mit individuell wählbaren Gewichtungsfaktoren versehen, deren Aufsummierung am Ende eins bzw. 100 Prozent ergeben muss. Dadurch gelingt es einerseits, Schnittstellen unterschiedlicher Art vergleichbar zu machen, indem sie in Bezug auf die Anzahl ihrer Kriterien normiert werden. Hierin unterscheiden sich physische, informationelle und menschliche Schnittstellen geringfügig, wie das Fallbeispiel in Kapitel 6.2.5 zeigen wird. Auf der anderen Seite ermöglicht die Gewichtung eine Priorisierung von bestimmten Aspekten, welche zum Beispiel aus unternehmenspolitischen Gründen von besonderer Bedeutung sind. Somit resultiert für jedes Kriterium in der Matrix ein gewichtetes Bewertungsergebnis, welches sich nach folgender Formel berechnen lässt:

$$\text{Gewichtete Bewertung} = \text{Punktezahl} \times \text{Gewichtungsfaktor}$$

Der Kritikalitätswert einer Schnittstelle setzt sich letztlich additiv zusammen aus den gewichteten Einzelergebnissen aller Bewertungskriterien. Er liegt stets zwischen null und zwei, wobei eine Schnittstelle umso mehr bzw. umso schwerwiegendere Mängel aufweist, je höher der berechnete Wert ist.

Nachdem im ersten Abschnitt der Bewertungsmatrix die qualitativen Eigenschaften einer Schnittstelle fokussiert wurden, widmet sich der Bereich B dem quantitativen Ausmaß. Es wird konkret die Fragestellung geklärt, wie oft eine vorliegende Schnittstelle innerhalb eines referenzierten Zeitintervalls durchlaufen wird. Zu diesem Zweck wird die Menge an Schnittstellenprozessen ermittelt, die im Rahmen eines logistischen Loses<sup>16</sup> anfällt. In einem weiteren Schritt wird die Anzahl der Lose im Betrachtungszeitraum bestimmt. Aus den beiden gewonnenen Daten kann schließlich die Auftrittshäufigkeit einer Schnittstelle wie folgt abgeleitet werden:

$$\text{Auftrittshäufigkeit} = \text{Schnittstellenprozesse je Los} \times \text{Lose je Betrachtungszeitraum}$$

### 6.1.5 Identifikation von dringlichen Schnittstellen

Im Anschluss an die Bewertung aller Schnittstellen einer Optimierungsschleife erfolgt eine Selektion jener, welche das größte Störpotential hinsichtlich der Effektivität und Effizienz einer Logistikkette aufweisen. Die Bedeutung sowie Auswirkungskraft einer Schnittstelle resultiert dabei aus einem Zusammenspiel von Kritikalität

---

<sup>16</sup> Ein logistisches Los beschreibt im Kontext der Arbeit ein Bündel an zusammenhängenden Gütern oder Informationen, welches gleiche Abläufe zyklisch wiederkehrend nach sich zieht. Die Ladung eines Lkw kann beispielsweise als logistisches Los betrachtet werden, das mehrere Entladevorgänge nacheinander hervorruft.

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

und Auftrittshäufigkeit. Erst eine Kombination aus beiden Dimensionen schafft eine fundierte Aussage über die Relevanz einer Schnittstelle für den anstehenden Optimierungsprozess. Um rasche und umfangreiche Verbesserungen erzielen zu können, empfiehlt es sich, das Augenmerk zunächst auf diejenigen Schnittstellen zu richten, die eine hohe Kritikalität besitzen und gleichzeitig oftmals zu überbrücken sind. Als Identifikationshilfsmittel dient ein sogenanntes Kritikalitäts-Häufigkeits-Portfolio, worin sämtliche Schnittstellen entsprechend ihrer Bewertungsergebnisse eingeordnet werden. Auf der Ordinate wird – wie Abbildung 6-7 zu entnehmen ist – die Kritikalität abgebildet, wohingegen die Abszisse zur Darstellung der Auftrittshäufigkeit verwendet wird. Durch die Unterteilung des Portfolios in drei sich farblich unterscheidende Wichtigkeitsklassen wird eine Strukturierung der bewerteten Schnittstellen ermöglicht. Rote Felder repräsentieren eine hohe Dringlichkeit, während den grünen Bereichen zunächst einmal eine geringere Bedeutung beizumessen ist. Bei Schnittstellen in gelben Zonen gilt es situativ festzulegen, ob sie für eine erste Optimierungswelle herangezogen werden. Die Entscheidung sollte primär davon abhängig gemacht werden, wie nah sie an den roten Bereich angrenzen und wie viele Schnittstellen bereits für eine weitere Betrachtung ausgewählt worden sind.

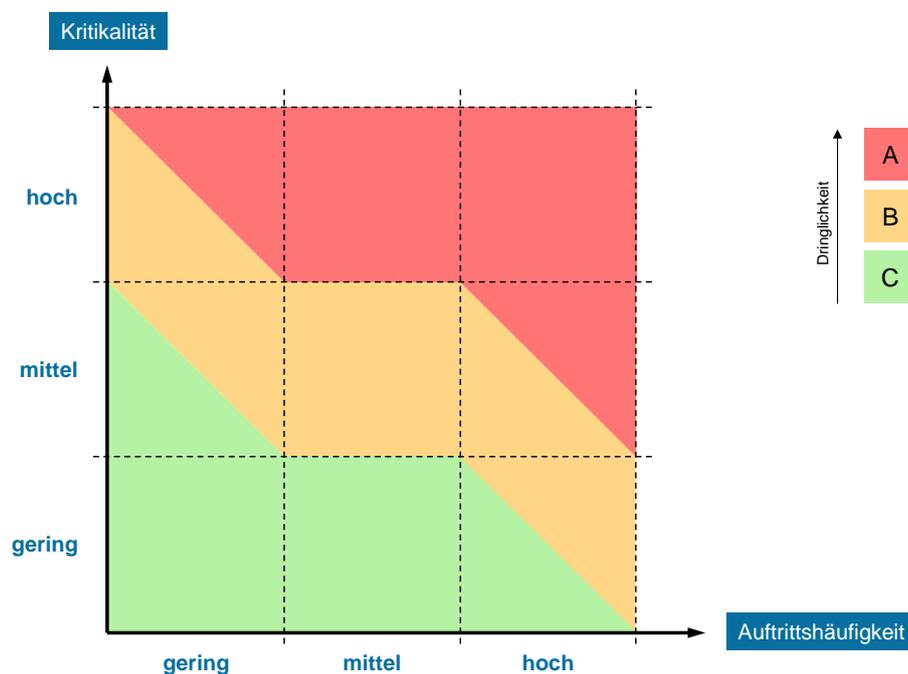


Abbildung 6-7: Portfolio zur Strukturierung von Schnittstellen hinsichtlich ihrer Dringlichkeit

### 6.1.6 Optimierung von Schnittstellen nach schlanken Gesichtspunkten

In den ersten sechs Schritten des Vorgehensmodells konnte das Betrachtungsfeld einer Logistikkette sukzessive eingegrenzt werden, indem zunächst eine Schleife mit einem hohen Schnittstellenanteil selektiert wurde, ehe darin eine Identifikation der dringlichsten Schnittstellen erfolgte. Für jene gilt es nun mit methodischer Unterstützung entsprechende Optimierungsansätze herbeizuführen, die im Idealfall auf Schleifenebene zu einer Reduzierung der Schnittstellenquote führen oder zumindest die Auftrittshäufigkeit sowie Kritikalität der Schnittstellen vermindern. Das Erreichen dieser Ziele soll mittels der in Abbildung 6-8 dargestellten Pyramide des schlanken Schnittstellendesigns geschehen.

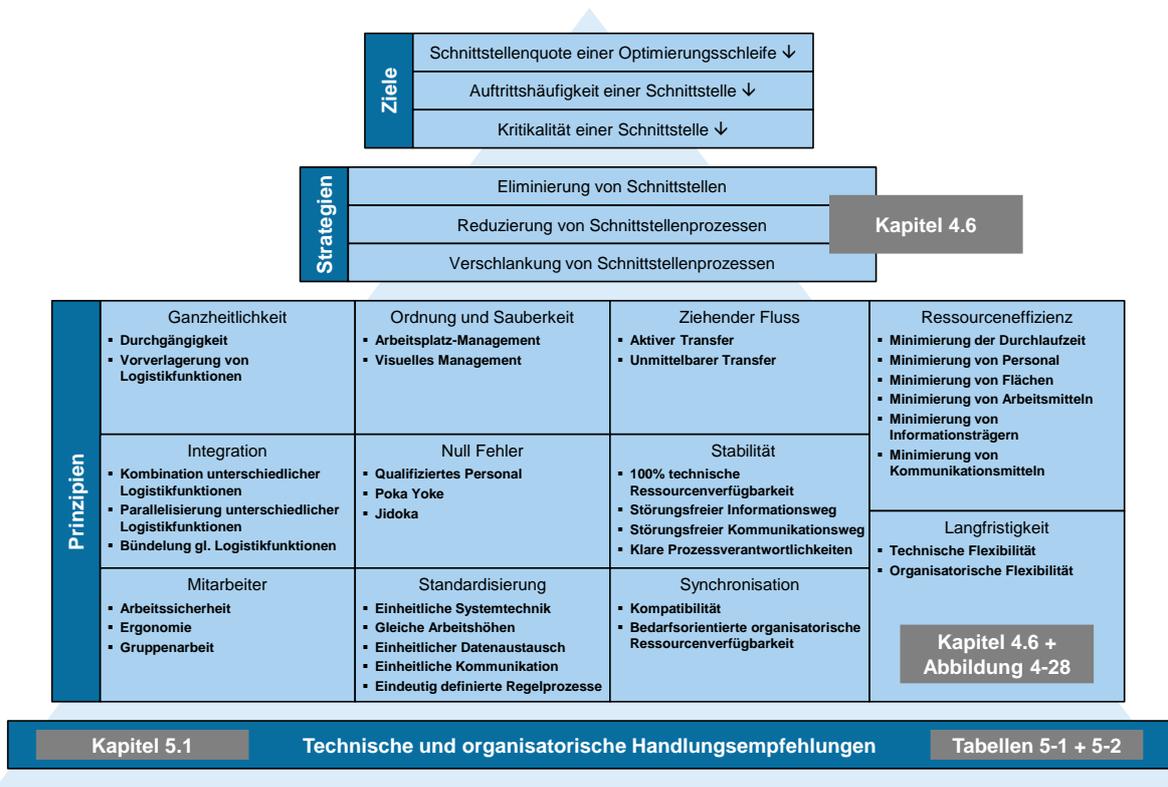


Abbildung 6-8: Pyramide des schlanken Schnittstellendesigns

Die Pyramide leistet in kompakter Form eine Hilfestellung bei der Optimierung von Schnittstellen nach schlanken Gesichtspunkten. Um den definierten Zielen zu begegnen, werden zunächst die in Kapitel 4.6 erarbeiteten Strategien aufgeführt. Da jene lediglich als Wegweiser fungieren, werden sie in einer nächsten Stufe konkretisiert, indem die in Abbildung 4-28 zusammengefassten Ober- und Unterprinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses dargeboten werden. In einem weiteren

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

Detailierungsschritt erfolgt eine Operationalisierung der Prinzipien anhand technischer und organisatorischer Handlungsempfehlungen aus der Praxis. An der Stelle sei exemplarisch auf Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 verwiesen, worin bereits potentielle Maßnahmen zur Optimierung von physischen Schnittstellen aufgezeigt wurden, die sich aus den verschiedenen Prinzipien ableiten ließen.

Nachdem eine Lösung für ein spezifisches Schnittstellenproblem gefunden werden konnte, muss jene entsprechend aufbereitet und hinsichtlich einer Erreichung der Optimierungsziele untersucht werden. Dazu dient das in Abbildung 6-9 visualisierte Dokumentationsblatt. Dessen Funktion liegt zum einen darin, die angewandten Strategien sowie Prinzipien festzuhalten und die geplanten Maßnahmen kurz zu beschreiben. Das Hauptaugenmerk ist jedoch auf die Messung sowohl der lokal als auch global zu erwartenden Verbesserungen gerichtet. In Abhängigkeit der resultierenden Ergebnisse kann eine erste Abschätzung darüber getroffen werden, ob die Umsetzung des Lösungsansatzes sinnvoll erscheint, ehe in einem nächsten Schritt erst dessen Machbarkeit, eventuelle Risiken sowie wirtschaftliche Faktoren bewertet werden.

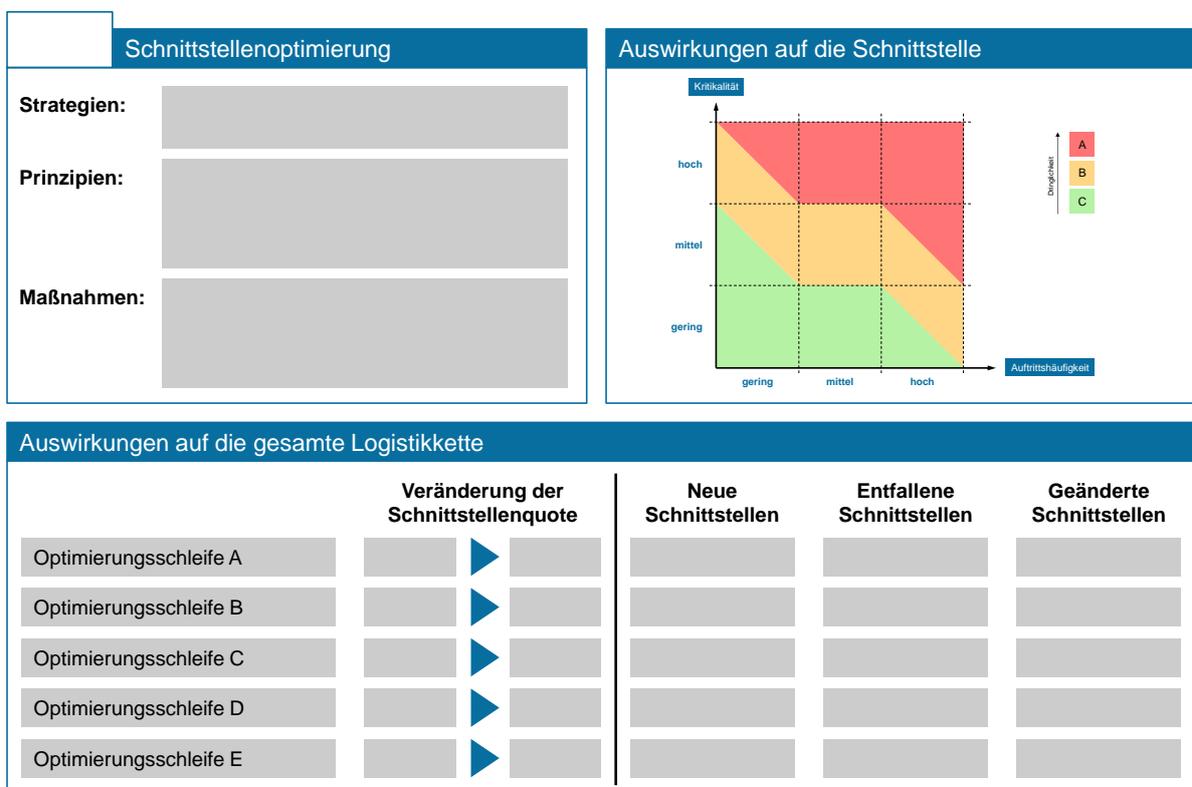


Abbildung 6-9: Dokumentationsblatt zur Schnittstellenoptimierung

Um das lokale Optimierungspotential einer Maßnahme bestimmen zu können, bedarf es wiederum einer Beurteilung der Schnittstelle hinsichtlich ihrer Kritikalität und Auftrittshäufigkeit, wobei hierbei nun ein neues Eigenschaftsprofil zugrunde gelegt wird. Durch die wiederholte Anwendung der in Kapitel 6.1.4 vorgestellten Bewertungsmatrix werden die Auswirkungen einer Lösung auf die betroffene Schnittstelle ganzheitlich untersucht. Es wird transparent, in welchen Teilbereichen sich tatsächlich Verbesserungen ergeben und ob dadurch Schnittstellenprozesse reduziert bzw. verschlankt werden können. Ein zweiter Durchlauf der Matrix wird dagegen hinfällig, sofern mit der Maßnahme eine Eliminierung der Schnittstelle bezweckt wird. Im Dokumentationsblatt wird erneut das Kritikalitäts-Häufigkeits-Portfolio aus Kapitel 6.1.5 herangezogen, um die erzeugten Veränderungen graphisch zu demonstrieren.

Ferner werden mögliche Konsequenzen eines Optimierungsansatzes in Bezug auf die gesamte Logistikkette berücksichtigt, indem in allen Schleifen die jeweiligen Schnittstellenquoten aktualisiert werden. Modifizierungen an einer einzelnen Schnittstelle können zusätzliche Effekte im Prozessverlauf hervorrufen, so dass etwa an anderen Orten neue Schnittstellen generiert bzw. vorhandene eliminiert oder inhaltlich verändert werden. Durch diese Herangehensweise sollen Lösungen verhindert werden, welche zwar einen Bereichsnutzen aufweisen, aber sich gleichzeitig nachteilig auf den Gesamtprozess auswirken. Deswegen ist es im Sinne eines globalen Optimums essentiell, sämtliche Prozessauswirkungen im Blick zu haben.

## **6.2 Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells am Fallbeispiel**

Das in Kapitel 6.1 beschriebene Vorgehen zum schlanken Schnittstellendesign soll nun anhand einer praxisnahen Logistikkette aus der Automobilindustrie erprobt und zugleich validiert werden. Als Fallbeispiel wird ein unternehmensübergreifender Versorgungsprozess ausgewählt, der sich von der Teilefertigung beim Lieferanten bis zur Montagebereitstellung beim OEM erstreckt. Nach einer Schilderung der Ausgangssituation werden die ersten acht Schritte des Vorgehensmodells exemplarisch durchlaufen und dabei alle erarbeiteten Methoden und Werkzeuge eingesetzt. Dadurch soll die praktische Anwendung des Modells verdeutlicht und dessen Praxistauglichkeit nachgewiesen werden.

### 6.2.1 Ausgangssituation im Fallbeispiel

Ein Modullieferant X aus der Automobilindustrie stellt Lenkräder für zwei verschiedene Kunden her. Sein Produktportfolio umfasst – wie Abbildung 6-10 zu entnehmen ist – insgesamt fünf Typen von Lenkrädern, von denen die Varianten A bis C für den OEM Y und die Varianten D sowie E für den OEM Z bestimmt sind. Im weiteren Verlauf soll ausschließlich die Wertschöpfungskette in Richtung des OEM Y näher betrachtet werden.

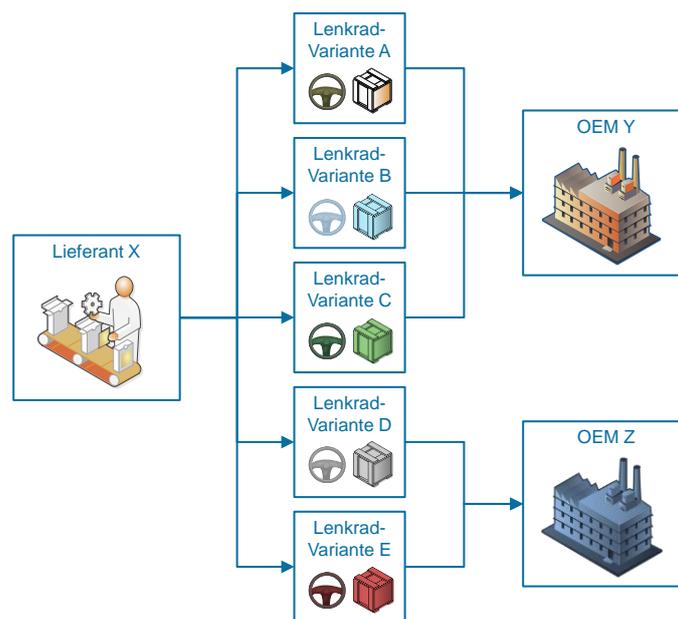


Abbildung 6-10: Produktportfolio des Beispiel-Lieferanten

Die Lenkräder werden beim Lieferanten X in Losgrößen produziert, wobei jedes Modul unmittelbar nach dem letzten Bearbeitungsschritt systemseitig den Status „fertiggestellt“ erhält. Das geschieht, indem der Fertigungsmitarbeiter die eindeutige Identifikationsnummer auf dem Barcode des Lenkrad-Etikettes zunächst mit Hilfe eines Handscanners elektronisch erfasst, so dass diese im Anschluss an ein ERP-System weitergeleitet werden kann. Danach wird das Lenkrad am Fertigungsplatz in einer Kartondeckung verstaut und jene zum Schutz vor äußeren Einflüssen verschlossen. Ein auf Basis der übermittelten Daten erstelltes Fertigungsetikett wird daraufhin auf die verpackte Ware geklebt, bevor der Fertigungsmitarbeiter die Kartondeckung auf einer sortenreinen Palette abstellt. Sobald zwei Paletten mit jeweils 36 Einheiten befüllt worden sind, wird der zuständige Staplerfahrer telefonisch informiert und deren Beförderung in den Warenausgang (WA) veranlasst, wo sie auf einer Pufferfläche bereitgestellt werden. Dort wird jede Palette für den Transport vorbereitet, indem sie durch einen Versandmitarbeiter mit einem Verschlussband

umreift wird. Die gleiche Person versieht anschließend sämtliche Lenkräder auf der Palette mit dem Status „versandbereit“. Zu diesem Zweck wird die Teilenummer aus dem Barcode eines Fertigungsetikettes wiederum über einen Handscanner ausgelesen. Da sich pro Palette stets Module mit der gleichen Teilenummer befinden, muss nicht jede Ware separat erfasst werden. Durch eine entsprechende Mengenangabe nach dem Scannen können alle Lenkräder gesammelt innerhalb eines Vorganges gebucht werden. Nach erfolgter Wareneinbuchung wird im ERP-System ein Versandbeleg generiert, worauf unter anderem der spätere Zielort der Güter vermerkt ist. Nachdem der Beleg ausgedruckt wurde, wird er gut sichtbar an der Palette angebracht. Jene wartet nun auf der Pufferfläche bis zu ihrem Abtransport. Mit Blick auf die Aufnahmekapazität eines Lkw werden stets zwölf Paletten für den Versand vorbereitet. Bei Eintreffen des Lkw werden alle Paletten mit dem Zielort „OEM Y“ per Stapler verladen, ehe der Frachtbrief sowohl durch den Warenabsender als auch den Frachtführer unterzeichnet wird. Dann beginnt der überbetriebliche Materialfluss vom Lieferanten zum Kunden, welcher zweimal pro Tag stattfindet.

Nach der Ankunft beim Kunden werden die Paletten mit den Kartonagen mittels eines Staplers entladen und dabei in Abhängigkeit ihres Typs auf drei unterschiedliche, entsprechend visualisierte Pufferzonen im Wareneingang (WE) verteilt. Sobald die gesamte Ladung den Lkw verlassen hat, wird der Frachtbrief durch den Wareneingang unterschrieben. Die Waren verweilen anschließend solange im WE-Puffer, bis sie durch einen Mitarbeiter im Wareneingang vereinzelt werden, da eine Palette aus Platzgründen später nicht in der Montage bereitgestellt werden kann. Demzufolge werden die Kartonagen nacheinander von der Palette entnommen und manuell zu einem Prüfplatz befördert. Dort findet ein Behälterwechsel statt, indem ein Lenkrad von seiner Kartonage in einen Kleinladungsträger (KLT) umgepackt wird. In jedem KLT können dabei vier Lenkräder deponiert werden, welche im Anschluss sukzessive von einem Qualitätsprüfer hinsichtlich bestimmter Kriterien kontrolliert werden. Es handelt sich hierbei um eine 100-Prozent-Prüfung. Nachdem alle Lenkräder eines KLT inspiziert wurden, kann jener in das kundeninterne ERP-System eingebucht werden. Dazu wird eines der Lenkrad-Etiketten herangezogen und der Barcode, hinter dem sich die erforderliche Teilenummer verbirgt, gescannt. Durch die anschließende manuelle Eingabe der Behälterfüllmenge über den Handscanner können mehrere Lenkräder in einem Schritt systemseitig vereinnahmt werden. Durch die Buchung wird das Erzeugen eines Lagerbeleges pro KLT ausgelöst, worauf der automatisch vergebene Lagerplatz dokumentiert ist.

Der Qualitätsprüfer fixiert den ausgedruckten Beleg am entsprechenden KLT und stellt diesen als nächstes in einem Übergabepuffer bereit zur nachfolgenden Einlagerung. Den Prozess übernimmt ein Lagermitarbeiter, welcher zunächst auf Grundlage des Lagerbeleges den vorbestimmten Zielort ermittelt. Nachdem er jenen im Lager anhand der Fächerbeschriftungen ausfindig machen konnte, wird der KLT am vorgesehenen Platz eingelagert.

Ein KLT mit Lenkrädern kann – je nach Verbrauchshäufigkeit in der Montage und Bestandsvorrat – bis zu mehreren Tagen im Lager verbleiben. Dessen Entnahme wird durch einen elektronischen Auftrag angestoßen, welcher aus dem ERP-System unmittelbar auf das mobile Datenerfassungsgerät (MDE-Gerät) eines Kommissionierers übertragen wird. Darin ist neben dem Lagerplatz des KLT ebenso die benötigte Menge enthalten. Anhand dieser Informationen kann sich der Kommissionierer zum entsprechend visualisierten Entnahmeort begeben und die geforderte Ware in der vorgegebenen Stückzahl auslagern. Daraufhin wird der Greifvorgang auf dem MDE-Gerät bestätigt und an das ERP-System rückgemeldet, um den KLT systemseitig ausbuchen zu können. Die kommissionierte Ware wird im Anschluss an einen Versorgungspuffer übergeben. Hieraus wird die Montage mit den angeforderten Gütern beliefert. Zu diesem Zweck kommt ein Routenzug zum Einsatz, der in regelmäßigen Zeitabständen den Puffer anfährt, um die vorbereiteten Artikel aufzunehmen. Die Beladung des Fördermittels erfolgt manuell durch den Routenzug-Fahrer. Während der Tour werden ihm die anzufahrenden Haltestellen in der Montage sowie die dort jeweils abzugebenden Waren in elektronischer Form mitgeteilt. Über ein Terminal im Cockpit werden die relevanten Daten aus dem ERP-System angezeigt. Nach dem Erreichen des nächsten Bereitstelltaktes an der Linie werden all jene KLT vom Routenzug-Anhänger genommen, welche mit den vorgegebenen Teilenummern übereinstimmen. Sie werden nun in die passenden Kanäle des Durchlaufregals geschoben. Um Beschickungs- und Entnahmefehler weitestgehend zu vermeiden, sind die einzelnen Fächer an der Vorder- sowie Rückseite mit den zugehörigen Teilenummern ausgezeichnet. Der Montagemitarbeiter bedient sich schließlich aus dem Regal und wird hierbei durch eine Bildschirmanzeige am Arbeitsplatz geleitet, die ihn über den aktuell produzierten Fahrzeugtyp und somit auch über die erforderliche Lenkrad-Variante informiert. Das entnommene Modul wird am Ende im Fahrzeug verbaut. Die gesamte Prozesskette von der Teilefertigung beim Lieferanten bis zur Montage beim Kunden ist in Abbildung 6-11 nochmals graphisch dargestellt.

## 6.2 Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells am Fallbeispiel

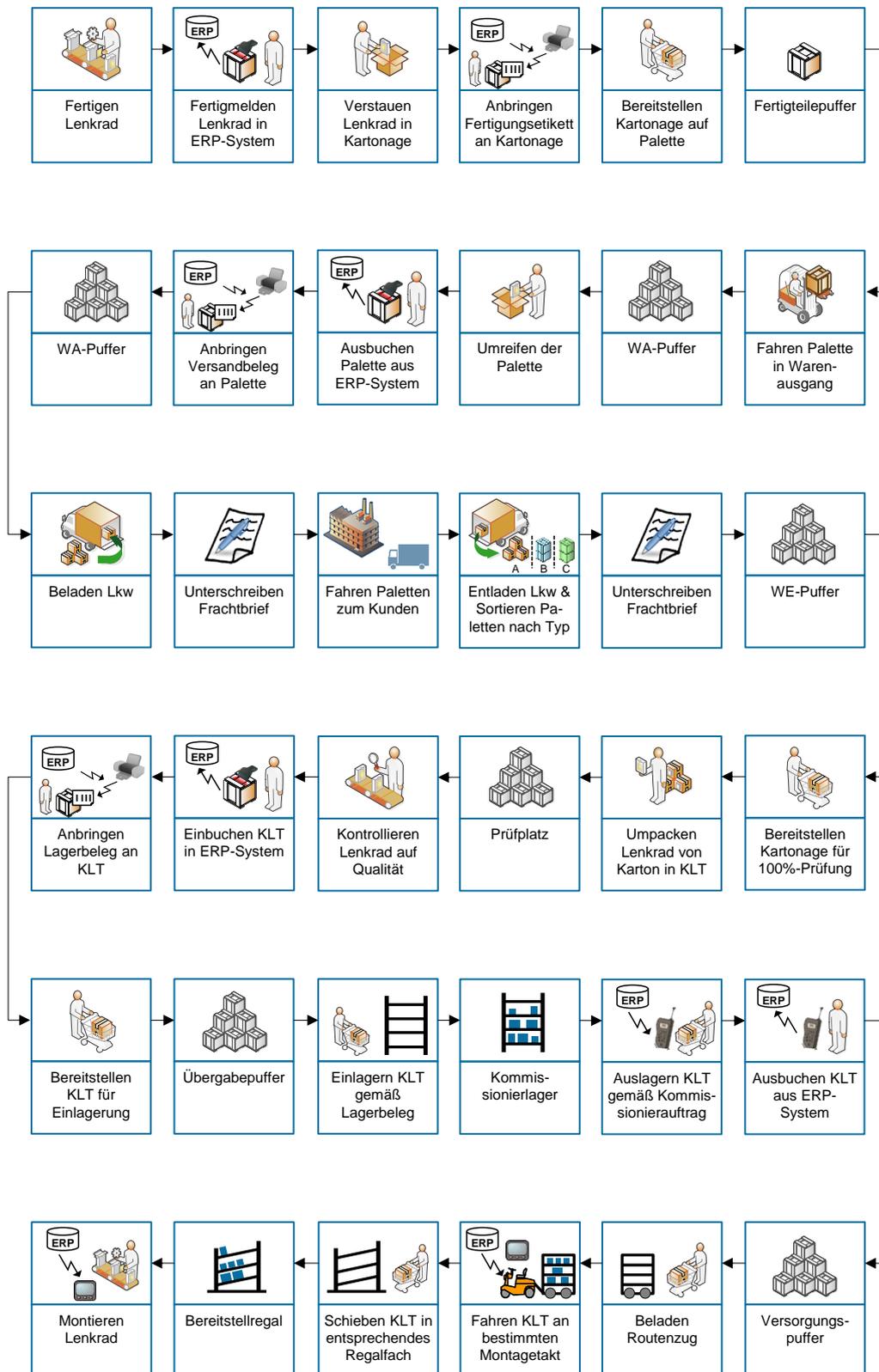


Abbildung 6-11: Beschreibung der Logistikkette vom Modullieferanten X zum OEM Y

### **6.2.2 Prozessaufnahme mit logistikorientierter Wertstromanalyse**

Bevor die ersten Schritte zur Untersuchung von Schnittstellen durchgeführt werden, gilt es die gesamte Prozesskette mit Hilfe der logistikorientierten Wertstromanalyse aufzunehmen und zu visualisieren. Alle Einzelprozesse werden dazu über standardisierte Logistikfunktionen abgebildet. Außerdem werden die einzelnen Steuerungselemente dazwischen berücksichtigt. Verzichtet wird dagegen im Fallbeispiel auf sämtliche Datenkästen zur Beschreibung und Charakterisierung der Logistikfunktionen. Für die Analyse und Optimierung von Schnittstellen sind diese Daten weniger von Bedeutung. Um eine möglichst kompakte Darstellungsform zu erhalten, wird ferner die vertikale Prozessebene zur Erfassung des Informationsaustausches mit dem übergeordneten ERP-System in die horizontale Ebene integriert. Das Ergebnis der Wertstromaufnahme ist Abbildung 6-12 zu entnehmen.

## 6.2 Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells am Fallbeispiel

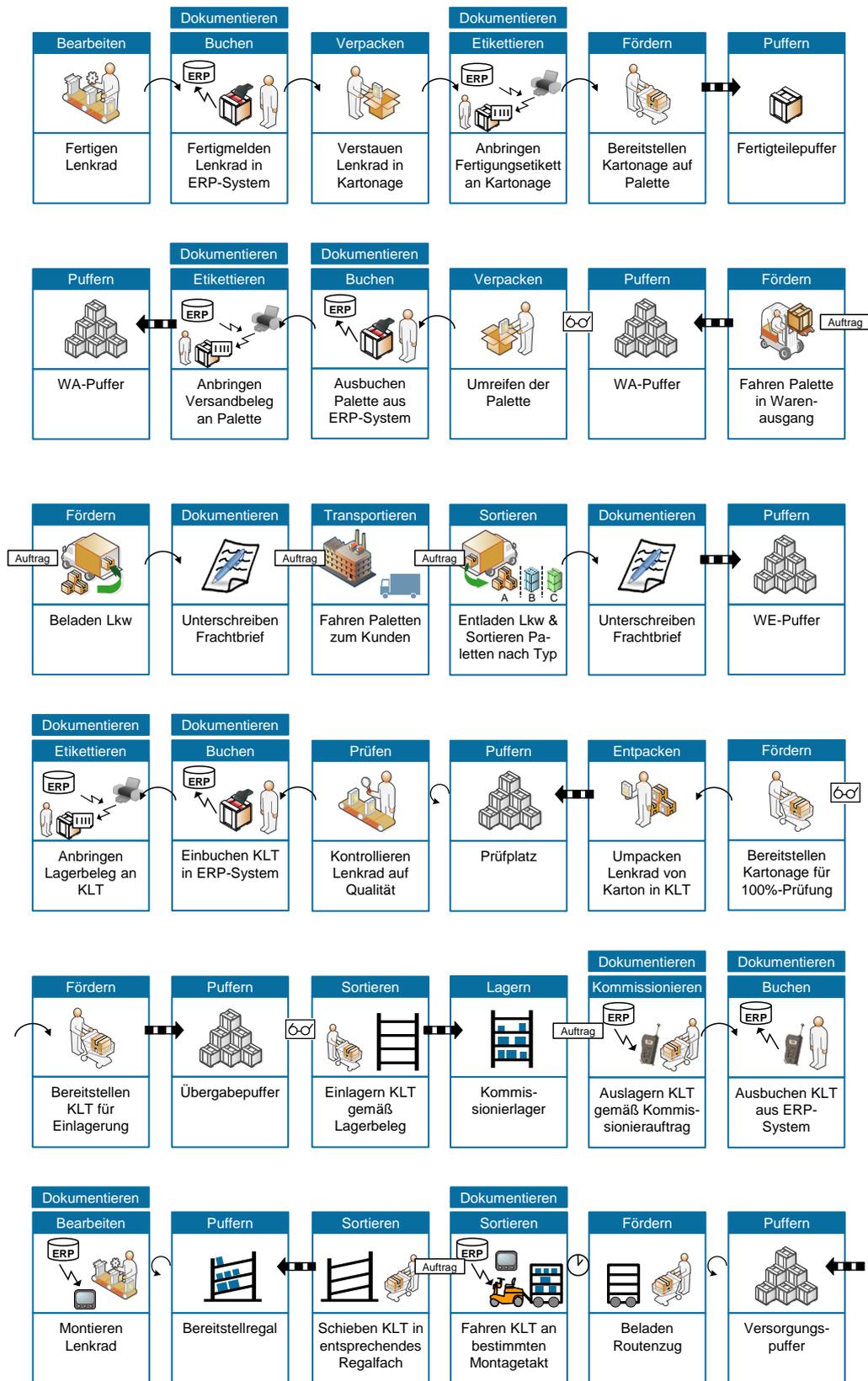


Abbildung 6-12: Logistikorientierter Wertstrom vom Modullieferanten X zum OEM Y

### **6.2.3 Erfassung und Beschreibung von auftretenden Schnittstellen**

Nachdem nun Transparenz über den gesamten Prozessablauf herrscht, kann das Augenmerk auf die vorliegenden Schnittstellen gelegt werden. Hierzu wird der dokumentierte Wertstrom nochmals analysiert, indem jeweils zwei horizontal oder vertikal aneinander grenzende Logistikfunktionen hinsichtlich eines stattfindenden Güter-, Informations- bzw. Verantwortungsüberganges untersucht werden. Aus Abbildung 6-13 wird ersichtlich, dass sich in Summe 25 physische, 31 informationelle sowie 11 menschliche Schnittstellen zwischen der Fertigung beim Modullieferanten X und der Montage beim OEM Y registrieren lassen.

## 6.2 Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells am Fallbeispiel

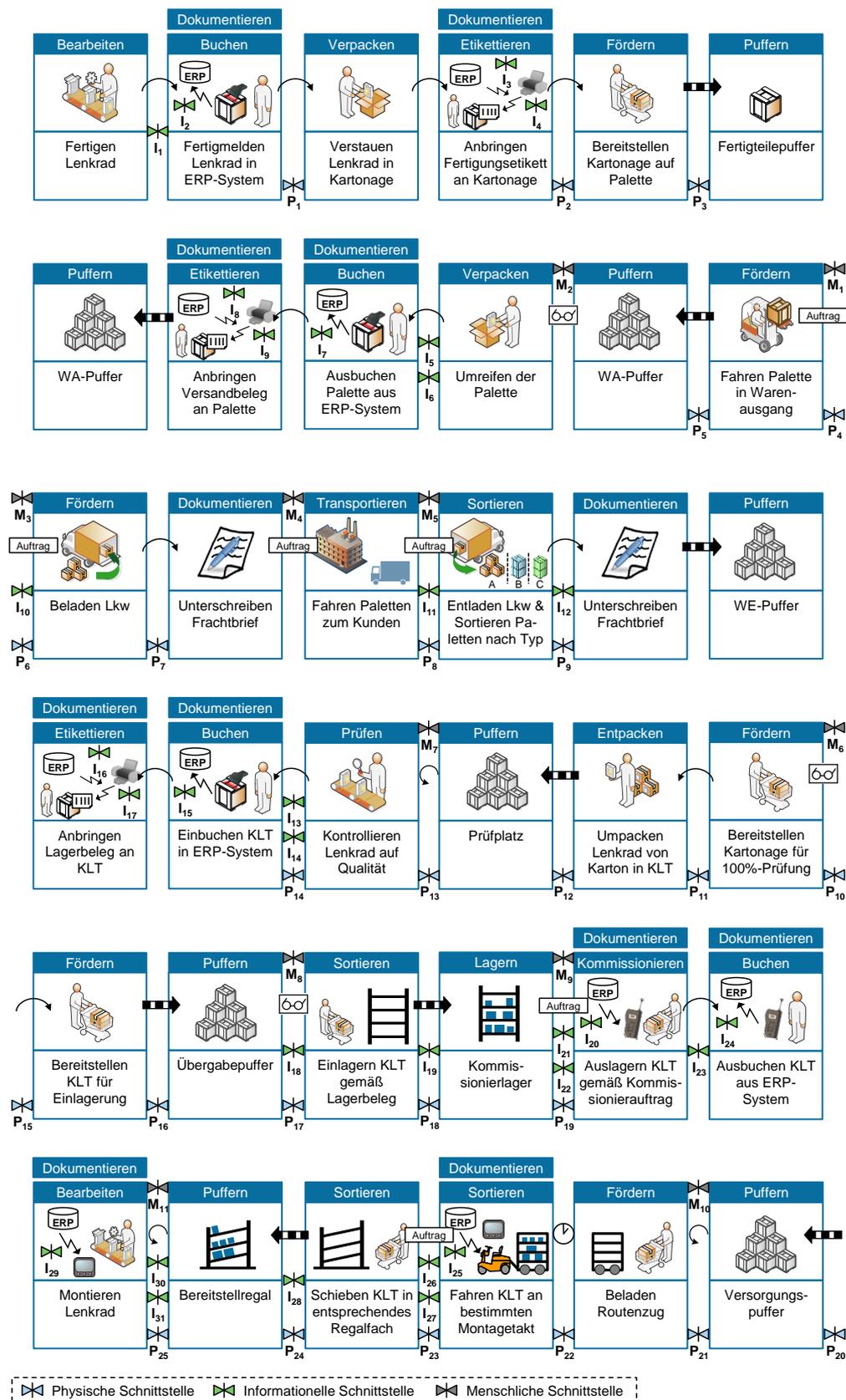


Abbildung 6-13: Schnittstellen entlang der Logistikkette vom Modullieferanten X zum OEM Y

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

Um die einzelnen Schnittstellen inhaltlich voneinander unterscheiden zu können, bedarf es einer sorgfältigen Beschreibung. Aus der symbolischen Erfassung einer Schnittstelle im Wertstrom können lediglich deren Art sowie der spezifische Auftrittsort abgeleitet werden. Konkretere Informationen gehen daraus nicht hervor, weshalb die wesentlichen Eigenschaften separat erfasst werden müssen. In Tabelle 6-3, Tabelle 6-4 und Tabelle 6-5 werden alle entlang der Logistikkette identifizierten physischen, informationellen und menschlichen Schnittstellen näher erläutert. Die geschaffene Datenbasis erleichtert zudem die Rekonstruktion der aktuellen Logistikabläufe zu einem späteren Zeitpunkt.

Nr.	Funktionspaar	Transferiertes Gut	Arbeitsmittel/ Person 1	Arbeitsmittel/ Person 2	Beschreibung
P <sub>1</sub>	Buchen – Verpacken	Lenkrad	Fertigungs- mitarbeiter	Fertigungsplatz	Ablegen des Lenkrades in Kartonage auf Fertigungsplatz
P <sub>2</sub>	Etikettieren – Fördern	Kartonage	Fertigungsplatz	Fertigungs- mitarbeiter	Aufnehmen der Kartonage von Fertigungsplatz
P <sub>3</sub>	Fördern – Puffern	Kartonage	Fertigungs- mitarbeiter	Pufferplatz	Abstellen der Kartonage auf Palette
P <sub>4</sub>	Puffern – Fördern	Palette	Pufferplatz	Stapler	Aufnehmen der Palette von Fertigteilepuffer
P <sub>5</sub>	Fördern – Puffern	Palette	Stapler	Pufferplatz	Abstellen der Palette in WA-Puffer
P <sub>6</sub>	Puffern – Fördern	Palette	Pufferplatz	Stapler	Aufnehmen der Palette von WA-Puffer
P <sub>7</sub>	Fördern – Dokumentieren	Palette	Stapler	Lkw	Abstellen der Palette auf Lkw-Ladefläche
P <sub>8</sub>	Transportieren - Sortieren	Palette	Lkw	Stapler	Aufnehmen der Palette von Lkw-Ladefläche
P <sub>9</sub>	Sortieren – Dokumentieren	Palette	Stapler	Pufferplatz	Abstellen der Palette in WE-Puffer
P <sub>10</sub>	Puffern – Fördern	Kartonage	Pufferplatz	WE-Mitarbeiter	Aufnehmen der Kartonage von Palette
P <sub>11</sub>	Fördern – Entpacken	Lenkrad	Kartonage	WE-Mitarbeiter	Aufnehmen des Lenkrades von Kartonage
P <sub>12</sub>	Entpacken – Puffern	Lenkrad	WE-Mitarbeiter	Prüfplatz	Ablegen des Lenkrades in KLT auf Prüfplatz
P <sub>13</sub>	Puffern – Prüfen	Lenkrad	Prüfplatz	Qualitätsprüfer	Aufnehmen des Lenkrades von KLT auf Prüfplatz
P <sub>14</sub>	Prüfen – Buchen	Lenkrad	Qualitätsprüfer	Prüfplatz	Ablegen des Lenkrades in KLT auf Prüfplatz
P <sub>15</sub>	Etikettieren – Fördern	KLT	Prüfplatz	Qualitätsprüfer	Aufnehmen des KLT von Prüfplatz
P <sub>16</sub>	Fördern – Puffern	KLT	Qualitätsprüfer	Pufferplatz	Abstellen des KLT in Übergabepuffer
P <sub>17</sub>	Puffern – Sortieren	KLT	Pufferplatz	Lagermitarbeiter	Aufnehmen des KLT von Übergabepuffer
P <sub>18</sub>	Sortieren – Lagern	KLT	Lagermitarbeiter	Lagerplatz	Abstellen des KLT in Kommissionierlager
P <sub>19</sub>	Lagern – Kommissionieren	KLT	Lagerplatz	Kommissionierer	Aufnehmen des KLT von Kommissionierlager
P <sub>20</sub>	Buchen – Puffern	KLT	Kommissionierer	Pufferplatz	Abstellen des KLT in Versorgungspuffer
P <sub>21</sub>	Puffern – Fördern	KLT	Pufferplatz	Routenzug- Fahrer	Aufnehmen des KLT von Versorgungspuffer
P <sub>22</sub>	Fördern – Sortieren	KLT	Routenzug- Fahrer	Routenzug	Abstellen des KLT auf Routenzug-Anhänger
P <sub>23</sub>	Sortieren – Sortieren	KLT	Routenzug	Routenzug- Fahrer	Aufnehmen des KLT von Routenzug-Anhänger
P <sub>24</sub>	Sortieren – Puffern	KLT	Routenzug- Fahrer	Pufferplatz	Abstellen des KLT in Bereitstellregal
P <sub>25</sub>	Puffern – Bearbeiten	Lenkrad	Pufferplatz	Montage- mitarbeiter	Aufnehmen des Lenkrades von KLT in Bereitstellregal

**Tabelle 6-3: Dokumentation und Beschreibung aller physischen Schnittstellen**

## 6.2 Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells am Fallbeispiel

Nr.	Funktionspaar	Transferierte Information	Informations-träger/ Person 1	Informations-träger/ Person 2	Beschreibung
I <sub>1</sub>	Bearbeiten – Buchen	Identifikationsnummer	Barcode	Handscanner	Auslesen der Information aus Barcode auf Lenkrad-Etikett
I <sub>2</sub>	Buchen – Dokumentieren	Identifikationsnummer	Handscanner	ERP-System	Übertragen der Information an IT-System
I <sub>3</sub>	Dokumentieren – Etikettieren	Teilenummer	ERP-System	Drucker	Übertragen der Information an Drucker
I <sub>4</sub>	Dokumentieren – Etikettieren	Teilenummer	Drucker	Fertigungsetikett	Ausdrucken der Information auf Papier
I <sub>5</sub>	Verpacken – Buchen	Teilenummer	Barcode	Handscanner	Auslesen der Information aus Barcode auf Fertigungsetikett
I <sub>6</sub>	Verpacken – Buchen	Menge	Versand-mitarbeiter	Handscanner	Manuelles Eingeben der Information
I <sub>7</sub>	Buchen – Dokumentieren	Teilenummer + Menge	Handscanner	ERP-System	Übertragen der Informationen an IT-System
I <sub>8</sub>	Dokumentieren – Etikettieren	Zielort + Lenkrad-Typ	ERP-System	Drucker	Übertragen der Informationen an Drucker
I <sub>9</sub>	Dokumentieren – Etikettieren	Zielort + Lenkrad-Typ	Drucker	Versandbeleg	Ausdrucken der Informationen auf Papier
I <sub>10</sub>	Puffern – Fördern	Zielort	Versandbeleg	Staplerfahrer	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>11</sub>	Transportieren – Sortieren	Lenkrad-Typ	Versandbeleg	Staplerfahrer	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>12</sub>	Sortieren - Dokumentieren	Zonenkategorie	Zonen-beschriftung	Staplerfahrer	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>13</sub>	Prüfen – Buchen	Teilenummer	Barcode	Handscanner	Auslesen der Information aus Barcode auf Lenkrad-Etikett
I <sub>14</sub>	Prüfen – Buchen	Menge	Qualitätsprüfer	Handscanner	Manuelles Eingeben der Information
I <sub>15</sub>	Buchen – Dokumentieren	Teilenummer + Menge	Handscanner	ERP-System	Übertragen der Informationen an IT-System
I <sub>16</sub>	Dokumentieren – Etikettieren	Teilenummer + Lagerplatz	ERP-System	Drucker	Übertragen der Informationen an Drucker
I <sub>17</sub>	Dokumentieren – Etikettieren	Teilenummer + Lagerplatz	Drucker	Lagerbeleg	Ausdrucken der Informationen auf Papier
I <sub>18</sub>	Puffern – Sortieren	Lagerplatz	Lagerbeleg	Lagermitarbeiter	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>19</sub>	Sortieren – Lagern	Lagerplatz	Fachbeschriftung	Lagermitarbeiter	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>20</sub>	Dokumentieren – Kommissionieren	Lagerplatz + Menge	ERP-System	MDE-Gerät	Übertragen der Informationen an MDE-Gerät
I <sub>21</sub>	Lagern – Kommissionieren	Lagerplatz + Menge	MDE-Gerät	Kommissionierer	Manuelles Ablesen der Informationen
I <sub>22</sub>	Lagern – Kommissionieren	Lagerplatz	Fachbeschriftung	Kommissionierer	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>23</sub>	Kommissionieren – Buchen	KLT-Entnahme	Kommissionierer	MDE-Gerät	Manuelles Eingeben der Information
I <sub>24</sub>	Buchen – Dokumentieren	KLT-Entnahme	MDE-Gerät	ERP-System	Übertragen der Information an IT-System
I <sub>25</sub>	Dokumentieren – Sortieren	Haltestelle + Teilenummern	ERP-System	Terminal	Übertragen der Informationen an Terminal
I <sub>26</sub>	Sortieren – Sortieren	Teilenummer	Terminal	Routenzug-Fahrer	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>27</sub>	Sortieren – Sortieren	Teilenummer	Lagerbeleg	Routenzug-Fahrer	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>28</sub>	Sortieren – Puffern	Teilenummer	Fachbeschriftung	Routenzug-Fahrer	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>29</sub>	Dokumentieren – Bearbeiten	Teilenummer	ERP-System	Bildschirm	Übertragen der Information an Bildschirm
I <sub>30</sub>	Puffern – Bearbeiten	Teilenummer	Bildschirm	Montage-mitarbeiter	Manuelles Ablesen der Information
I <sub>31</sub>	Puffern – Bearbeiten	Teilenummer	Fachbeschriftung	Montage-mitarbeiter	Manuelles Ablesen der Information

**Tabelle 6-4: Dokumentation und Beschreibung aller informationellen Schnittstellen**

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

Nr.	Funktionspaar	Person 1	Person 2	Beschreibung
M <sub>1</sub>	Puffern - Fördern	Fertigungsmitarbeiter	Staplerfahrer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkter Verantwortungsübergang</li> <li>• Kommunikation zwischen Fertigungsmitarbeiter und Staplerfahrer per Mobiltelefon</li> </ul>
M <sub>2</sub>	Puffern – Verpacken	Staplerfahrer	Versandmitarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirekter Verantwortungsübergang</li> <li>• Vor-Ort-Kommunikation zwischen Gruppenleiter im Warenausgang (3. Person) und Versandmitarbeiter</li> </ul>
M <sub>3</sub>	Puffern - Fördern	Versandmitarbeiter	Staplerfahrer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirekter Verantwortungsübergang</li> <li>• Vor-Ort-Kommunikation zwischen Gruppenleiter im Warenausgang (3. Person) und Staplerfahrer</li> </ul>
M <sub>4</sub>	Dokumentieren – Transportieren	Staplerfahrer	Lkw-Fahrer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkter Verantwortungsübergang</li> <li>• Vor-Ort-Kommunikation zwischen Staplerfahrer und Lkw-Fahrer</li> </ul>
M <sub>5</sub>	Transportieren – Sortieren	Lkw-Fahrer	Staplerfahrer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkter Verantwortungsübergang</li> <li>• Vor-Ort-Kommunikation zwischen Lkw-Fahrer und Staplerfahrer</li> </ul>
M <sub>6</sub>	Puffern – Fördern	Staplerfahrer	WE-Mitarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirekter Verantwortungsübergang</li> <li>• WE-Puffer als Entkopplungspunkt</li> <li>• Keine Kommunikation ► Go-and-See-Prinzip</li> </ul>
M <sub>7</sub>	Puffern – Prüfen	WE-Mitarbeiter	Qualitätsprüfer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkter Verantwortungsübergang</li> <li>• Vor-Ort-Kommunikation zwischen WE-Mitarbeiter und Qualitätsprüfer</li> </ul>
M <sub>8</sub>	Puffern – Sortieren	Qualitätsprüfer	Lagermitarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirekter Verantwortungsübergang</li> <li>• Übergabepuffer als Entkopplungspunkt</li> <li>• Keine Kommunikation ► Go-and-See-Prinzip</li> </ul>
M <sub>9</sub>	Lagern – Kommissionieren	Lagermitarbeiter	Kommissionierer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirekter Verantwortungsübergang</li> <li>• Kommissionierlager als Entkopplungspunkt</li> <li>• Keine Kommunikation ► Kommissionierauftrag aus ERP-System</li> </ul>
M <sub>10</sub>	Puffern – Fördern	Kommissionierer	Routenzug-Fahrer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkter Verantwortungsübergang</li> <li>• Vor-Ort-Kommunikation zwischen Kommissionierer und Routenzug-Fahrer</li> </ul>
M <sub>11</sub>	Puffern – Bearbeiten	Routenzug-Fahrer	Montagemitarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirekter Verantwortungsübergang</li> <li>• Bereitstellregal als Entkopplungspunkt</li> <li>• Keine Kommunikation ► Entnahmeauftrag aus ERP-System</li> </ul>

**Tabelle 6-5: Dokumentation und Beschreibung aller menschlichen Schnittstellen**

### 6.2.4 Bildung und Bewertung von Optimierungsschleifen

Der nächste Schritt besteht darin, die insgesamt 67 existierenden Schnittstellen zu strukturieren und zu mehreren Optimierungsschleifen zu gruppieren. Vor dem Hintergrund, dass die anschließenden Analyse- und Optimierungstätigkeiten jeweils nur auf eine Schleife ausgerichtet sind, ergibt sich eine Verkleinerung des Betrachtungsbereiches. Für den ersten Abschnitt der Logistikkette werden sämtliche Prozesse und Schnittstellen beim Modullieferanten X ausgewählt. Dieser reicht von der Fertigung der Lenkräder bis zu ihrer Verladung im Lkw und dem nachfolgenden Abtransport (**Lieferantenschleife A**). Für das zweite Teilstück eignen sich die Abläufe im Wareneingang des OEM Y. Hierzu zählen die Entladung des Lkw nach dessen Ankunft im Werk, das Umpacken, Prüfen und Einbuchen der Güter sowie ihre Übergabe an das Lagerpersonal (**Wareneingangsschleife B**). Als nächstes werden alle Prozesse von der Einlagerung bis zur späteren Kommissionierung und Ausbuchung der Waren zur **Lagerschleife C** zusammengefasst. Die Anlieferung und Bereitstellung der angeforderten Artikel in der Montage über einen Routenzug stellen einen weiteren eigenständigen Abschnitt entlang der Logistikkette dar (**Versorgungsschleife D**). Innerhalb der **Montageschleife E** werden zum Schluss die

erforderlichen Arbeitsschritte beim Verbau der Lenkräder gebündelt. Eine bedeutende Rolle spielen dabei die physischen und informationellen Schnittstellen vor bzw. während der Bauteilentnahme aus dem Durchlaufregal. In Abbildung 6-14 kann die Schleifenbildung nochmals graphisch nachvollzogen werden.

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

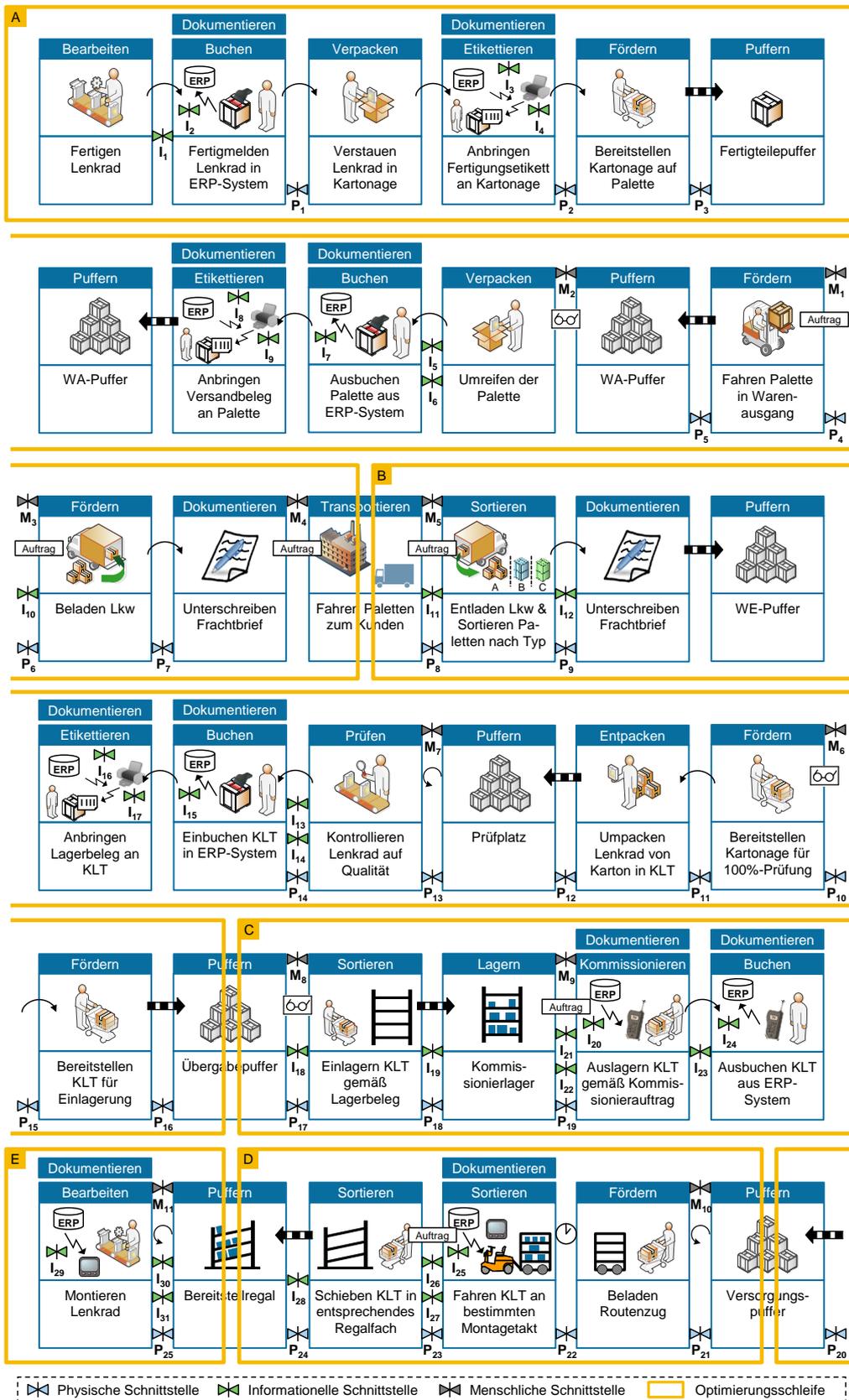


Abbildung 6-14: Aufteilung der Logistikkette in mehrere Optimierungsschleifen

Zu jeder der fünf Optimierungsschleifen wird nun ein Datenblatt angelegt, worin neben einer aussagekräftigen Bezeichnung auch deren Umfang kurz beschrieben wird. Außerdem dient das Blatt zur Ermittlung der Schnittstellenquote. Anhand dieser Kennzahl lässt sich der Schnittstellenanteil eines Teilabschnittes bestimmen, womit eine Vergleichsmöglichkeit unter den zumeist unterschiedlich großen Schleifen einer Logistikkette geschaffen wird. In der Lieferantenschleife A konnten zum Beispiel – wie in Abbildung 6-15 dargestellt – 21 Schnittstellen in Summe ausfindig gemacht werden, die sich auf insgesamt 19 Logistikfunktionen<sup>17</sup> verteilen. Als Schnittstellenquote resultiert somit ein Wert von 111 Prozent gemäß folgendem Berechnungsansatz:

$$Schnittstellenquote_{Schleife A} = \frac{\text{Anzahl Schnittstellen in Schleife A}}{\text{Anzahl Logistikfunktionen in Schleife A}} = \frac{21}{19} = 111\%$$

Allgemeine Angaben			
Unternehmen:	Lieferant X → OEM Y	Standort:	München → Ingolstadt
Betrachtungszeitraum:	01.04.2014	bis	30.04.2014
Ersteller:	Max Mustermann	Firma:	Consulting AG
		Abteilung:	Lean – Automotive

Angaben zur betrachteten Optimierungsschleife	
Bezeichnung:	Lieferantenschleife A
Beschreibung:	Abschnitt von der Lenkrad-Fertigung bis zur Lkw-Abfahrt beim Lieferanten X
Anzahl enthaltener Schnittstellen (W):	
	7      P <sub>1</sub> – P <sub>7</sub>
	10      I <sub>1</sub> – I <sub>10</sub>
	4      M <sub>1</sub> – M <sub>4</sub>
<u>Σ</u>	<u>21</u>
Anzahl enthaltener Logistikfunktionen (X):	19



$$Schnittstellenquote = \frac{W}{X} = 111\%$$

Abbildung 6-15: Datenblatt zur Lieferantenschleife A

<sup>17</sup> Die Gesamtanzahl an Logistikfunktionen setzt sich aus jenen in der horizontalen und vertikalen Prozessebene zusammen. Ferner ist bei der Kalkulation zu beachten, dass die verbindende Funktion zwischen zwei Schleifen sowohl der vor- als auch nachgelagerten zugerechnet wird.

In den übrigen Optimierungsschleifen ergeben sich höhere Schnittstellenquoten, wie die Ergebnisse aus den in Anhang C hinterlegten Datenblättern zeigen. Daraus lässt sich eine Rangfolge ableiten, wonach die Lieferantenschleife A mit der niedrigsten Priorität versehen wird:

1. Montageschleife E (Schnittstellenquote = 167 %)
2. Lagerschleife C (Schnittstellenquote = 163 %)
3. Versorgungsschleife D (Schnittstellenquote = 150 %)
4. Wareneingangsschleife B (Schnittstellenquote = 136 %)
5. Lieferantenschleife A (Schnittstellenquote = 111 %)

Die Gegenüberstellung liefert die Erkenntnis, dass die Montageschleife E aus Schnittstellensicht relativ den größten Handlungsbedarf aufweist. Deshalb gilt es jene für eine erste Detailanalyse auszuwählen. Obwohl dieser Bereich lediglich drei Logistikfunktionen umfasst, so besteht hier dennoch ein hohes Potential an Schnittstellenverlusten. Beispielsweise bedingt die Bauteilentnahme aus dem Bereitstellregal drei verschiedene Informationsübergänge ( $I_{29}$ ,  $I_{30}$ ,  $I_{31}$ ), woraus ein nicht unwesentliches Teilverwechslungsrisiko entsteht. Nach der Montageschleife E wird sich entsprechend der gebildeten Reihenfolge den weiteren Abschnitten gewidmet.

### 6.2.5 Analyse und Bewertung von ausgewählten Schnittstellen

Durch die Segmentierung der Logistikkette ist es gelungen, den Gesamtprozess von der Fertigung beim Modullieferanten X bis zur Montage beim OEM Y in fünf Schleifen zu unterteilen und diese nach ihrer Schnittstellendichte zu ordnen. Als nächstes werden die einzelnen Abschnitte nacheinander angegangen, indem jeweils alle enthaltenen Schnittstellen mit Hilfe einer Bewertungsmatrix analysiert und hinsichtlich ihrer Kritikalität sowie Auftrittshäufigkeit untersucht werden. Da eine Detailbetrachtung aller Schnittstellen den Rahmen der Arbeit weitaus übersteigen würde, wird für jede Art von Schnittstelle ein Anwendungsbeispiel vorgestellt. In Anhang D finden sich darüber hinaus drei weitere ausgefüllte Bewertungsmatrizen zu den Schnittstellen  $I_{17}$ ,  $I_{31}$  und  $P_{25}$ .

Die Beurteilung eines Gütertransfers wird anhand der **physischen Schnittstelle  $P_{10}$**  demonstriert. Hierbei wird im Wareneingang des OEM Y eine Kartonage manuell von einer Palette entnommen, um deren Inhalt danach in einen KLT umzupacken. Nachdem die Schnittstelle bezüglich unterschiedlichster Kriterien qualitativ

bewertet wurde, resultiert am Ende ein Kritikalitätswert von 1,25 (siehe Tabelle 6-6). Dieser lässt auf eine Vielzahl an Verschwendungspotentialen schließen. Der Berechnung im Fallbeispiel liegt eine Gleichgewichtung aller Kriterien zugrunde, um ihnen jeweils die gleiche Bedeutung beizumessen. Bei einer davon abweichenden Gewichtungsverteilung kann sich unter Umständen ein anderer Kritikalitätswert einstellen. Die quantitative Bewertung deutet auf eine hohe Auftrittshäufigkeit der Schnittstelle hin. Pro Tag fallen 864 Entnahmeprozesse an der Schnittstelle  $P_{10}$  an, wie folgende Kalkulation verdeutlicht:

$$\begin{aligned} \text{Auftrittshäufigkeit}_{P_{10}} &= \text{Schnittstdlenproze\ss e je Los} \times \text{Lose je Betrachtungszeitraum} = \\ &= 36 \text{ Kartonagen pro Palette} \times 12 \text{ Paletten pro Lkw} \times 2 \text{ Lkw pro Tag} = \\ &= 864 \text{ Schnittstdlenproze\ss e pro Tag} \end{aligned}$$

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

P <sub>10</sub>	Nr.	Bewertungskriterium	Beschreibung	Verschwendungspotentiale	Ist-Zustand			Gewichtung	Gewichtete Bewertung
					Qualitative Bewertung gut	mittel	schlecht		
Mitarbeiter	1	Arbeitssicherheit	Hohe Unfallgefahr durch Staplerbetrieb im Wareneingang	Keine abgegrenzte, staplerfreie Umpackzone			2	0,05	0,1
	2	Ergonomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Witterungsgeschützter Arbeitsplatz ✓</li> <li>• Günstige Körperhaltung *</li> <li>• Hublasten &lt; 10 kg ✓</li> <li>• Lärmpegel &lt; 80 dB(A) ✓</li> <li>• Hand-Arm-Vibrationen &lt; 2,5 m/s<sup>2</sup> ✓</li> <li>• Beleuchtung &gt; 300 lx ✓</li> </ul>	Tiefe Bückvorgänge bei unterster Kartonagen-Lage erforderlich		1		0,05	0,05
	3	Zusammenarbeit im Team	Selbstoptimierung des Staplerfahrers mit wenig Blick für den Folgeprozess	Palettenreihen durch Staplerfahrer teilweise zu dicht aneinander gestellt		1		0,05	0,05
Ordnung und Sauberkeit	4	Ordnung am Arbeitsplatz	Aufgeräumter, übersichtlicher Zustand ► Anordnung der Paletten in Reihen	---	0			0,05	0
	5	Visualisierungen	Nicht vorhanden	Keine Bodenmarkierungen zur Einhaltung einer optimalen Bewegungsfläche zwischen zwei Palettenreihen			2	0,05	0,1
Null Fehler	6	Fehlerwahrscheinlichkeit	Gelegentliche Beschädigungen am Transportgut durch Herunterfallen	Entgleiten der Kartonagen möglich aufgrund zu glatter Oberfläche			2	0,05	0,1
Standardisierung	7	Standardisierungsgrad unter den Arbeitsmitteln/ Personen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiedliche Techniken zur Güteraufnahme/ -beförderung</li> <li>• Arbeitsmittel: Pufferplatz</li> <li>• Person: WE-Mitarbeiter</li> </ul>	---	0			0,05	0
	8	Standardisierungsgrad der Arbeitshöhen	Optimale Entnahmehöhe nur bei oberster Kartonagen-Lage	Keine flexible Anpassung der Entnahmehöhe ► Zeit- und Ergonomenachteile			2	0,05	0,1
	9	Standardisierungsgrad der Abläufe	Keine festen Vorgaben für Entnahmereihenfolge	Umsturzgefahr von Kartonagen-Türmen bei nicht lagenweiser Entnahme		1		0,05	0,05
Ziehender Fluss	10	Flussgrad	Häufige Flussunterbrechungen	Keine Information an Umpackpersonal über neuen Warenzugang ► Go-and-See-Prinzip			2	0,05	0,1
Stabilität	11	Technische Ressourcenverfügbarkeit	Keine technischen Ressourcen vorhanden	---	0			0,05	0
Synchronisation	12	Organisatorische Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eingeschränkte Personalverfügbarkeit bei Bedarf aufgrund von Parallelitäten</li> <li>• Bewegungsfläche für Mitarbeiter nicht immer in ausreichendem Maße vorhanden</li> <li>• Permanente Verfügbarkeit des Pufferplatzes durch fixe Reservierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechtes Zeitmanagement</li> <li>• Priorisierung anderer Tätigkeiten</li> <li>• Zu dicht aneinander gestellte Paletten ► siehe Punkt 3</li> </ul>			2	0,05	0,1
	13	Abstimmung der Arbeitsmittel/ Personen untereinander	Teilweise schlechte Zugänglichkeit zu Palette auf Pufferplatz	Siehe Punkt 3		1		0,05	0,05
	14	Abstimmung zwischen Arbeitsmitteln/ Personen und transferiertem Gut	Kein optimales Greifen der Kartonagen	Keine definierten Aufnahmepunkte z. B. in Form von Aussparungen			2	0,05	0,1
Ressourceneffizienz	15	Durchlaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variabler Zeitbedarf: 2-5 s</li> <li>• Bewegungen der Arme zur Kartonage</li> <li>• Zurechtrücken der Kartonage</li> <li>• Greifen der Kartonage</li> <li>• Anheben der Kartonage</li> </ul>	Zeitverlust bei Bückvorgängen		1		0,05	0,05
	16	Personalbedarf	1 Mitarbeiter	Personalverschwendung für Vereinzelung als vermeidbare Tätigkeit			2	0,05	0,1
	17	Flächenbedarf	Bewegungsfläche für Mitarbeiter ► 0,5 m Mindestgangbreite zwischen zwei Palettenreihen	Flächenverschwendung für Vereinzelung als vermeidbare Tätigkeit			2	0,05	0,1
	18	Bedarf an Arbeitsmitteln	1 Pufferplatz	Großer Pufferplatz, da keine Ausnutzung der Raumhöhe ► Paletten nicht gestapelt			2	0,05	0,1
Langfristigkeit	19	Technische Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Erweiterbarkeit durch Vergrößerung der WE-Pufferfläche</li> <li>• Einfache Anpassung bei Änderungen am transferierten Gut (manueller Entnahmeprozess)</li> </ul>	---	0			0,05	0
	20	Organisatorische Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausführung des Entnahmeprozesses ortsunabhängig (keine technischen Fixpunkte) ► Verlagerung möglich</li> <li>• nicht personengebunden (einfache Tätigkeit)</li> </ul>	---	0			0,05	0

Kritikalität  $\Sigma$  1 1,25

Quantität	21	Schnittstellenprozesse je Los (Y)	36 Kartonagen pro Palette x	Auftrittshäufigkeit = Y x Z = 864
	22	Lose je Zeitintervall (Z)	12 Paletten pro Lkw-Ladung = 432 2 Lkw-Ladungen pro Tag	

**Tabelle 6-6: Bewertungsmatrix für die physische Schnittstelle P<sub>10</sub>**

Aus dem Blickwinkel der Arbeitssicherheit sind Anpassungen an der Schnittstelle P<sub>10</sub> unerlässlich. Weil der zuständige Mitarbeiter unmittelbar dem Staplerverkehr im Wareneingang ausgesetzt ist, herrscht eine hohe Unfallgefahr in der Umpackzone. Außerdem sind die Paletten, auf denen die Kartonagen angeliefert werden, teilweise schlecht zugänglich, sobald sie zu dicht aneinander gestellt werden. Zwischen zwei Palettenreihen sollte ein Mindestabstand von einem halben Meter eingehalten

werden, um eine ausreichende Bewegungsfläche für den Mitarbeiter während des Entnahmeprozesses sicherzustellen. Aufgrund von fehlenden Bodenmarkierungen wird eine optimale Anordnung der Paletten allerdings erschwert. Ein weiterer negativer Aspekt ist die hohe Fehlerwahrscheinlichkeit an der Schnittstelle  $P_{10}$ . Die Kartonagen weisen eine sehr glatte Oberfläche auf, was Beschädigungen nach sich ziehen kann, sofern jene beim Greifen aus den Händen des Mitarbeiters entgleiten. Zudem sei die mangelhafte Auslegung der Güter auf einen manuellen Greifvorgang erwähnt. Es existieren keinerlei Aufnahmeplätze an den Kartonagen etwa in Form von Aussparungen, welche das Greifen erleichtern würden. Nicht unwesentlich sind ferner die unterschiedlichen Entnahmehöhen. Befindet sich eine Kartonage auf der obersten Lage, so kann sie unter einer ergonomisch günstigen Körperhaltung entnommen werden. Bei tieferen Lagen lassen sich aktuell jedoch Bückvorgänge nicht vermeiden, da sich die Entnahmehöhe nicht flexibel an die jeweils vorliegende Situation anpassen lässt. Innerhalb der Untersuchung konnte weiterhin festgestellt werden, dass es an der Schnittstelle  $P_{10}$  häufig zu einer Unterbrechung des Materialflusses kommt. Neue Wareneingänge werden nicht aktiv an das Umpackpersonal gemeldet. Stattdessen verschafft sich jenes in unregelmäßigen Zeitabständen vor Ort einen Überblick über das Bestandsniveau im Wareneingang. Selbst bei einer unmittelbaren Informationsweitergabe an das Umpackpersonal wäre dessen Verfügbarkeit nicht gewährleistet, da oftmals parallel anfallenden Tätigkeiten eine höhere Abarbeitungspriorität eingeräumt wird. Nicht zuletzt ist die Durchführung des Schnittstellenprozesses mit einem hohen Ressourcenaufwand verbunden. Zusätzlich zum Personalbedarf sind Bewegungsflächen für den Mitarbeiter sowie ein großer Pufferplatz zum Abstellen der Paletten vorzusehen, da diese nicht gestapelt, sondern nebeneinander positioniert werden. Bei der späteren Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen gilt es primär darüber nachzudenken, in wie weit sich die Vereinzelnungs- und Umpackvorgänge als nicht wertschöpfende Tätigkeiten zukünftig vermeiden lassen.

Für die Beurteilung eines Informationsüberganges wird die **informationelle Schnittstelle  $I_5$**  herangezogen. Dabei handelt es sich um eine elektronische Datenübertragung während eines Buchungsprozesses im Warenausgang des Modullieferanten X. In der praktischen Ausführung wird ein Barcode auf einem Etikett über einen Handscanner ausgelesen. Die qualitative Gesamtbewertung der Schnittstelle liefert einen Kritikalitätswert von 1,152 (siehe Tabelle 6-7), wobei wiederum alle Kriterien mit dem gleichen Gewichtungsfaktor versehen werden. Die Höhe des Wertes ist ein eindeutiger Indikator für eine Vielzahl an Verschwendun-

gen. Die Schnittstelle  $I_5$  wird allerdings verhältnismäßig selten durchlaufen, da die Buchung aller Kartonagen einer Palette über lediglich einen Scanvorgang geschieht. In Summe ergeben sich somit täglich 24 Buchungsvorgänge:

$$\begin{aligned} \text{Auftrittshäufigkeit}_{I_5} &= \text{Schnittstellenprozesse je Los} \times \text{Lose je Betrachtungszeitraum} = \\ &= 12 \text{ Buchungen pro Lkw} \times 2 \text{ Lkw pro Tag} = 24 \text{ Schnittstellenprozesse pro Tag} \end{aligned}$$

## 6.2 Anwendung und Validierung des Vorgehensmodells am Fallbeispiel

I <sub>5</sub>	Nr.	Bewertungskriterium	Beschreibung	Verschwendungspotentiale	Ist-Zustand			Gewichtung	Gewichtete Bewertung	
					gut	mittel	schlecht			
Mitarbeiter	1	Arbeitssicherheit	Hohe Unfallgefahr für Versandmitarbeiter durch Staplerbetrieb im Warenausgang	Keine abgegrenzte, staplerfreie Buchungszone			2	0,048	0,096	
	2	Ergonomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Witterungsgeschützter Arbeitsplatz ✗</li> <li>Günstige Körperhaltung ✗</li> <li>Lärmpegel &lt; 80 dB(A) ✓</li> <li>Hand-Arm-Vibrationen &lt; 2,5 m/s<sup>2</sup> ✓</li> <li>Beleuchtung &gt; 300 lx ✗</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wirken von Kälte und Zugluft auf die Mitarbeiter bei geöffnetem Verladetor</li> <li>Gefahr von Handgelenk-Überdehnungen oder zu starkem Vorbeugen des Oberkörpers</li> <li>Schlechte Lichtverhältnisse</li> </ul>			2	0,048	0,096	
	3	Zusammenarbeit im Team	Gute Unterstützung ► Durchführung der Buchungsvorgänge durch Kollegen bei Zeitdruck	---	0			0,048	0	
Ordnung und Sauberkeit	4	Ordnung am Arbeitsplatz	Unübersichtliche und unstrukturierte Anordnung der zu erfassenden Paletten	Kein vorgegebenes Anordnungsschema für die Paletten			2	0,048	0,096	
	5	Visualisierungen	Nicht vorhanden	Keine Bodenmarkierungen oder Absperrbänder zur Abtrennung der Buchungszone vom Staplerbereich			2	0,048	0,096	
Null Fehler	6	Fehlerwahrscheinlichkeit	Große Gefahr von nicht erfassten Paletten ► Bestandsdifferenzen	Wenig Überblick über bereits gebuchte Paletten (siehe Punkt 4)			2	0,048	0,096	
Standardisierung	7	Standardisierungsgrad unter den Informationsträgern/ Personen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterschiedliche Techniken zur Informationsspeicherung/ -verarbeitung</li> <li>Informationsträger 1: Etikett (Daten auf Papier)</li> <li>Informationsträger 2: Handscanner (Daten in elektronischer Form)</li> </ul>	Medienbruch von Papier auf IT ► Hohe Gefahr von Informationsverlusten			2	0,048	0,096	
	8	Standardisierungsgrad der Datenformate	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unterschiedliche Datenformate</li> <li>Etikett: Daten als Barcode mit verschiedenen breiten Strichen und Lücken</li> <li>Handscanner: Daten als Buchstaben, Ziffern und Sonderzeichen</li> </ul>	Datumumwandlung erforderlich ► Gefahr von Decodierfehlern			2	0,048	0,096	
	9	Standardisierungsgrad der Abläufe	Existierende und befolgte Arbeitsanweisung zur Durchführung des Buchungsvorganges	---	0			0,048	0	
Ziehender Fluss	10	Flussgrad	Keine Flussunterbrechungen ► Unmittelbare Ausführung des Buchungsvorganges nach Umreifen der Palette	---	0			0,048	0	
Stabilität	11	Technische Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittlere Zuverlässigkeit des Handscanners</li> <li>Teilweise leerer Akku</li> <li>Hohe Verfügbarkeit der Etiketten (selbstklebend)</li> <li>Gute Haftung an Kartonagen</li> </ul>	Geringe Akku-Laufzeit, da Verwendung eines alten Akkus mit bereits vielen Ladezyklen		1	0,048	0,048		
	12	Störungsanfälligkeit des Informationsweges	Störungsfreie Informationsübertragung ► Übertragungsfehler vom Etikett zum Handscanner nur äußerst selten	---	0			0,048	0	
Synchronisation	13	Organisatorische Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eingeschränkte Personalverfügbarkeit bei Bedarf aufgrund von Parallelitäten</li> <li>Bewegungsfläche für Mitarbeiter nicht immer in ausreichendem Maße vorhanden</li> <li>Permanente Verfügbarkeit des Handscanners ► Wird ausschließlich zum Buchen im Warenausgang verwendet</li> <li>Hohe Verfügbarkeit der Etiketten</li> <li>Vergessenes Aufkleben im vorgelagerten Prozess nahezu ausgeschlossen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schlechtes Zeitmanagement</li> <li>Priorisierung anderer Tätigkeiten</li> <li>Zu dicht aneinander gestellte Paletten</li> <li>► siehe Punkt 4</li> </ul>		1	0,048	0,048		
	14	Abstimmung der Informationsträger/ Personen untereinander	Teilweise zu großer Leseabstand zwischen Etikett und Handscanner bei Barcode-Erfassung ► Fehlesungen	Verwendung eines Handscanners mit zu geringer Lesereichweite (lediglich 10 cm)		1	0,048	0,048		
	15	Abstimmung zwischen Informationsträgern/ Personen und transferierter Information	Häufig schlechte Qualität der Barcodes (Verschmutzung, Beschädigung, niedrige Druckqualität) ► Fehlesungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Schutz der aufgeklebten Etiketten vor äußeren Einflüssen</li> <li>Etikettendrucker ungeeignet für das Drucken von Barcodes</li> </ul>			2	0,048	0,096	
Ressourceneffizienz	16	Durchlaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variabler Zeitbedarf: 5-15 s</li> <li>Identifizieren des Etiketts</li> <li>Positionieren des Scanners</li> <li>Betätigen des Scanners</li> <li>Informationsübertragung</li> <li>Decodieren des Barcodes</li> </ul>	Zeitverlust bei wiederholtem Ausführen des Scanvorganges aufgrund eines Lesefehlers ► siehe Punkte 14 und 15		1	0,048	0,048		
	17	Personalbedarf	1 Mitarbeiter	Personalverschwendung für Buchen als automatisierbare Tätigkeit			2	0,048	0,096	
	18	Flächenbedarf	Bewegungsfläche für Mitarbeiter ► 0,5 m Mindestabstand vor einer Palette	Flächenverschwendung für Buchen als automatisierbare Tätigkeit			2	0,048	0,096	
Langfristigkeit	19	Bedarf an Informationsträgern	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Handscanner</li> <li>Fertigungsetiketten an Kartonagen</li> </ul>	---	0			0,048	0	
	20	Technische Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problemlose Erweiterbarkeit des Erfassungsvolumens, da Grenzkapazität des Handscanners noch nicht erreicht (100 Scans pro Sekunde möglich)</li> <li>Problemlose Anpassung bei Änderung des verwendeten Barcode-Typs (Erfassung aller gebräuchlichen 1D- und 2D-Barcodes)</li> </ul>	---	0			0,048	0	
	21	Organisatorische Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ausführung des Buchungsvorganges</li> <li>ortsunabhängig (keine technischen Fixpunkte durch kabellose Stromversorgung und WLAN-Datenübertragung)</li> <li>► Verlagerung möglich</li> <li>nicht personengebunden (einfache Tätigkeit)</li> </ul>	---	0			0,048	0	
	22	Schnittstellenprozesse je Los (Y)	12 Buchungsvorgänge pro Lkw-Ladung	►	Auftrittshäufigkeit = Y x Z = 24					
23	Lose je Zeitintervall (Z)	2 Lkw-Ladungen pro Tag								
Kritikalität								Σ	1,008	1,152

Tabelle 6-7: Bewertungsmatrix für die informationelle Schnittstelle I<sub>5</sub>

Analog zur Schnittstelle  $P_{10}$  befindet sich auch die Buchungszone nicht in einem staplerfreien Bereich, so dass für den Versandmitarbeiter aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens im Warenausgang eine hohe Unfallgefahr besteht. Auf Visualisierungen zum Beispiel in Gestalt von Absperrbändern zur Trennung von Stapler- und Personenbereichen wird verzichtet. Zusätzlich lassen sich starke ergonomische Defizite bei den Arbeitsbedingungen erkennen. Zum einen ist der Mitarbeiter sowohl Kälte als auch Zugluft ausgesetzt, sobald das Verladetor geöffnet ist. Auf der anderen Seite besteht für das Buchungspersonal die Gefahr von Handgelenk-Überdehnungen bei unsachgemäßer Bedienung des Scanners. Zu einer Belastung für die Augen können außerdem die schlechten Lichtverhältnisse in der Buchungszone führen. Der vorgegebene Mindestwert von 300 Lux zur Erzielung einer ausreichenden Beleuchtung wird dabei unterschritten. Außerdem sind die Paletten im Warenausgang zumeist unstrukturiert angeordnet, was zu Intransparenz führen kann und die Gefahr hervorruft, dass bestimmte Paletten nicht erfasst werden. In der Folge entstehen Diskrepanzen zwischen dem physischen und dem systemseitig geführten Bestand. Mögliche Fehlerquellen an der Schnittstelle resultieren ebenso aus einer mangelnden Standardisierung. So unterscheiden sich etwa die Techniken zur Datenspeicherung bei den beteiligten Informationsträgern, indem auf Papier vorliegende Daten in eine elektronische Form überführt werden. Darüber hinaus liegen jene in verschiedenen Formaten vor. Während die Information auf dem Etikett noch aus einem Barcode mit in der Breite variierenden Strichen und Lücken besteht, wird sie auf dem Handscanner beim Decodieren in Buchstaben, Ziffern und Sonderzeichen umgewandelt. Eine nächste, im Rahmen der Bewertung aufgezeigte Schwachstelle bezieht sich auf die Qualität der Barcodes. Da diese über keinerlei Schutz vor äußeren Einflüssen verfügen, werden sie häufig verschmutzt oder beschädigt, so dass sie nicht mehr korrekt erfasst werden können. Gleichermaßen wurde eine niedrige Druckqualität bei den Barcodes festgestellt, was ebenso zu Fehllesungen führen kann. In puncto Ressourcenbedarf lassen sich weitere Verschwendungspotentiale erkennen. Für die Durchführung der Buchungsprozesse gilt es neben personellen Ressourcen auch entsprechende Freiflächen zwischen den Paletten zu berücksichtigen, um deren Zugänglichkeit zu gewährleisten. Im Zuge einer Optimierungsphase kann es demnach zielführend sein, Möglichkeiten zur Automatisierung der Buchung zu prüfen, um dadurch die Ressourceneffizienz zu erhöhen.

Anhand der **menschlichen Schnittstelle  $M_1$**  soll abschließend noch ein Beispiel für einen personellen Verantwortungsübergang näher betrachtet werden. Beim Mo-

dullieferanten X wird jeweils nach der Herstellung von 72 Lenkrädern (entspricht zwei Paletten) deren Beförderung in den Warenausgang veranlasst. Hierzu setzt sich der Fertigungsmitarbeiter telefonisch mit dem zuständigen Staplerfahrer in Verbindung und erteilt ihm einen entsprechenden Auftrag zum Abholen der Güter. Verglichen mit den beiden bisher untersuchten Schnittstellen  $P_{10}$  und  $I_5$  wird bei  $M_1$  ein relativ niedriger Kritikalitätswert in Höhe von 0,768 (siehe Tabelle 6-8) bei Gleichgewichtung aller Bewertungskriterien erreicht. Selbst die Auftrittshäufigkeit des Verantwortungswechsels ist durch die Bündelung von jeweils zwei Paletten als gering einzustufen. So findet die Kommunikation zwischen dem Fertigungs- und Logistikmitarbeiter täglich lediglich zwölfmal statt:

$$\begin{aligned} \text{Auftrittshäufigkeit}_{M_1} &= \text{Schnittstdlenprozesse je Los} \times \text{Lose je Betrachtungszeitraum} = \\ &= 1 \text{ Telefongespräch pro Palettenbündel (2 Paletten)} \times 12 \text{ Palettenbündel pro Tag} = \\ &= 12 \text{ Schnittstdlenprozesse pro Tag} \end{aligned}$$

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

M <sub>1</sub>	Nr.	Bewertungskriterium	Beschreibung	Verschwendungspotentiale	Ist-Zustand			Gewichtung	Gewichtete Bewertung
					Qualitative Bewertung gut	mittel	schlecht		
Mitarbeiter	1	Arbeitssicherheit	Hohe Unfallgefahr im internen Werksverkehr durch Ablenkung während des Telefonates	Keine Verwendung einer Freisprecheinrichtung während der Bedienung des Staplers			2	0,048	0,096
	2	Ergonomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Witterungsgeschützter Arbeitsplatz</li> <li>Fertigungsmitarbeiter ✓</li> <li>Staplerfahrer ✗</li> <li>Lärmpegel &lt; 80 dB(A) ✓</li> </ul>	Wirken von Kälte, Hitze, Zugluft und Niederschlag auf Staplerfahrer bei Tätigkeiten im Freien bzw. im Warenausgang bei geöffnetem Verladetor		1		0,048	0,048
	3	Zusammenarbeit im Team	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gute Unterstützung</li> <li>Durchführung der Kommunikation durch Kollegen bei Zeitdruck</li> </ul>	---	0			0,048	0
Ordnung und Sauberkeit	4	Ordnung am Arbeitsplatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ablagefächer für Mobiltelefone sowohl am Fertigungsplatz als auch auf dem Stapler</li> <li>Mobiltelefone sofort griffbereit, kein Suchaufwand</li> </ul>	---	0			0,048	0
	5	Visualisierungen	Aushang aller relevanten Telefonnummern gut sichtbar am Fertigungsplatz	---	0			0,048	0
Null Fehler	6	Fehlerwahrscheinlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teilweise Anruf bei falscher Person</li> <li>Unklarheit darüber, wer aktuell als Staplerfahrer eingeteilt ist</li> </ul>	Keine Transparenz über aktuelle Schichtbelegung und Aufgabenverteilung		1		0,048	0,048
Standardisierung	7	Standardisierungsgrad unter den Kommunikationsmitteln	Gleiche Technik ► Mobiltelefone	---	0			0,048	0
	8	Standardisierungsgrad der Kommunikationsform	Stets telefonische Kommunikation	---	0			0,048	0
	9	Standardisierungsgrad der Abläufe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Feste Kommunikationsregeln zu</li> <li>Zeitpunkt (bei zwei vollen Paletten)</li> <li>Form (telefonisch)</li> <li>Auslöser (Fertigungsmitarbeiter)</li> <li>Dokumentation in Arbeitsanweisung</li> </ul>	---	0			0,048	0
Ziehender Fluss	10	Flussgrad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Flussunterbrechungen</li> <li>Unmittelbare Kommunikation an Staplerfahrer bei zwei vollen Paletten</li> </ul>	---	0			0,048	0
Stabilität	11	Technische Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittlere Zuverlässigkeit der Telefone</li> <li>Teilweise leerer Akku</li> </ul>	Nicht rechtzeitiges Aufladen der Akkus		1		0,048	0,048
	12	Störungsanfälligkeit des Kommunikationsweges	<ul style="list-style-type: none"> <li>Häufige Probleme beim Aufbau der Telefonverbindung</li> <li>Zahlreiche Verbindungsabbrüche</li> </ul>	Schlechte Mobilfunknetz-Abdeckung in der Fertigungshalle		2		0,048	0,096
	13	Regelung der Prozessverantwortung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Klare Regelung vorhanden</li> <li>Fertigungsmitarbeiter informiert Staplerfahrer über Transportauftrag</li> </ul>	---	0			0,048	0
Synchronisation	14	Organisatorische Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eingeschränkte Erreichbarkeit des Gesprächspartners</li> <li>Mitarbeiter gerade beschäftigt oder keine Wahrnehmung des Anrufes</li> <li>Permanente Verfügbarkeit der Telefone</li> <li>Ausschließliche Verwendung durch jeweilige Mitarbeiter (persönliche Telefone)</li> </ul>	Zu geringe Lautstärke des Klingeltones		1		0,048	0,048
	15	Abstimmung der Kommunikationsmittel untereinander	Mangelhafte Sprachqualität bei eingesetzten Mobiltelefonen	Qualitätsverluste durch schlechte Tonaufnahmen über Mikrofone sowie schlechte Tonwiedergaben über Lautsprecher		2		0,048	0,096
	16	Abstimmung der Kommunikationspartner untereinander	Verständigungsprobleme aufgrund sprachlicher Barrieren (Nachtschicht)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fertigungsmitarbeiter: Ausgeprägte Dialektsprache</li> <li>Staplerfahrer: Geringe Deutschkenntnisse</li> </ul>		1		0,048	0,048
Ressourceneffizienz	17	Durchlaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variabler Zeitbedarf: 0,5-2 min</li> <li>Greifen des Mobiltelefons</li> <li>Wählen der Telefonnummer</li> <li>Aufbau der Telefonverbindung</li> <li>Warten auf Entgegennahme des Telefongesprächs</li> <li>Durchführung des Telefongesprächs</li> <li>Ablegen des Mobiltelefons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zeitverlust bei langen Wartezeiten bis zur Entgegennahme des Gesprächs</li> <li>Zeitverlust bei wiederholten Anrufen aufgrund Nicht-Erreichbarkeit des Gesprächspartners oder schlechter bzw. abgebrochener Telefonverbindung</li> <li>siehe Punkte 12 und 14</li> </ul>		1		0,048	0,048
	18	Personalbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 Fertigungsmitarbeiter</li> <li>1 Staplerfahrer</li> </ul>	Bindung von zwei Mitarbeitern für die Zeitdauer der Kommunikation		2		0,048	0,096
	19	Bedarf an Kommunikationsmitteln	2 Mobiltelefone	Verschwendung von Hilfsmitteln für Kommunikation, die auch non-verbal möglich ist		2		0,048	0,096
Langfristigkeit	20	Technische Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problemlöse Erweiterung in Bezug auf Häufigkeit und Umfang der Kommunikation</li> <li>Problemlöse Anpassung bei Änderung des Kommunikationsmittels</li> </ul>	---	0			0,048	0
	21	Organisatorische Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durchführung der Kommunikation</li> <li>ortsunabhängig (keine technischen Fixpunkte, sofern Mobilfunknetz vorhanden)</li> <li>Verlagerung möglich</li> <li>nicht personengebunden (einfache Tätigkeit)</li> </ul>	---	0			0,048	0

Kritikalität      Σ      1,008      0,768

Quantität	22	Schnittstellenprozesse je Los (Y)	1 Telefongespräch pro Palettenbündel (= 2 Paletten)	Auftrittshäufigkeit = Y x Z = 12
	23	Lose je Zeitintervall (Z)	12 Palettenbündel pro Tag	

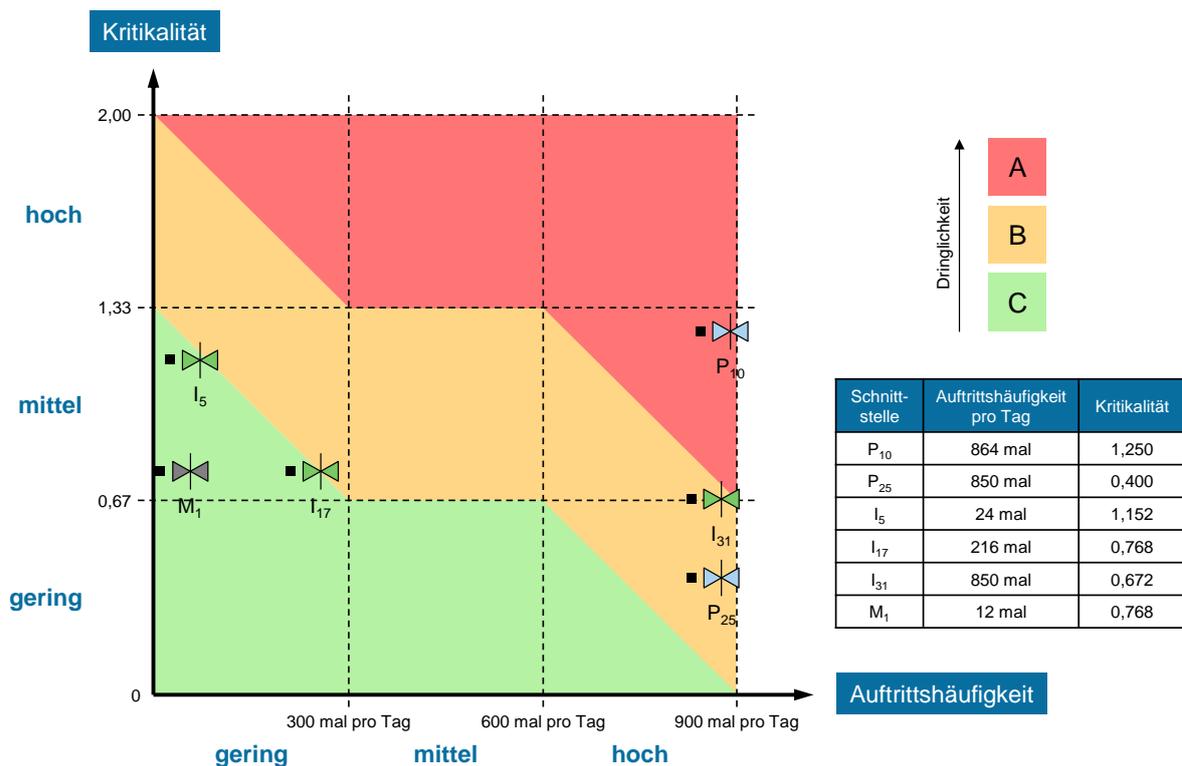
**Tabelle 6-8: Bewertungsmatrix für die menschliche Schnittstelle M<sub>1</sub>**

Trotz ihrer eher niedrigen Kritikalität weist die Schnittstelle M<sub>1</sub> dennoch gewisse Schwächen auf, die es zu diskutieren gilt. Bei der Analyse des Ist-Zustandes konn-

ten etwa arbeitssicherheitstechnische Mängel aufgedeckt werden. Diese sind in erster Linie der Tatsache geschuldet, dass die beim Lieferanten eingesetzten Stapler nicht über eine Freisprecheinrichtung verfügen. Somit besteht die Gefahr, dass der Staplerfahrer während des Telefonates mit dem Fertigungsmitarbeiter in seiner Konzentration auf den internen Werksverkehr eingeschränkt wird. Durch die Ablenkung steigt in der Folge das Unfallrisiko. Des Weiteren herrscht eine schlechte Mobilfunknetz-Abdeckung in der Fertigungshalle, weshalb sich häufig Probleme beim Aufbau der Telefonverbindung sowie Verbindungsabbrüche registrieren lassen. Als durchaus verbesserungswürdig zeigt sich zudem die Sprachqualität bei den verwendeten Mobiltelefonen. Die Qualitätsverluste rühren daher, dass sowohl die Tonaufnahmen über die Mikrofone als auch die Tonwiedergaben über die Lautsprecher nicht dem gestellten Anspruch entsprechen. Zuletzt muss die Schnittstelle  $M_1$  ebenso aus Ressourcensicht kritisch beurteilt werden. Für die Zeitdauer eines Telefonates werden jeweils zwei Mitarbeiter gebunden. Außerdem erfordert die gewählte Kommunikationsform zwei Mobiltelefone als Hilfsmittel. Daher gilt es bei möglichen Optimierungsszenarien unter anderem non-verbale Lösungen in Betracht zu ziehen, die eine größere Ressourceneffizienz versprechen.

### 6.2.6 Optimierung von ausgewählten Schnittstellen

Mit der qualitativen sowie quantitativen Bewertung aller Schnittstellen einer Optimierungsschleife wird die Grundlage geschaffen für eine weitere Verkleinerung des Betrachtungsbereiches. Im Zuge des anschließenden Optimierungsprozesses soll der Fokus primär auf diejenigen Schnittstellen gerichtet werden, welche die höchste Dringlichkeit aufweisen. Diese setzt sich aus den Faktoren Kritikalität und Auftrittshäufigkeit zusammen, weshalb sich zu ihrer Bestimmung ein Portfolio eignet, das beide Parameter abbildet. In Abbildung 6-16 ist das Kritikalitäts-Häufigkeits-Portfolio für das vorliegende Fallbeispiel auszugsweise dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden dort lediglich die bis dato behandelten Schnittstellen  $M_1$ ,  $I_5$ ,  $P_{10}$ ,  $I_{17}$ ,  $I_{31}$  und  $P_{25}$  eingezeichnet gemäß der in Kapitel 6.2.5 bzw. Anhang D ermittelten Zahlenwerte.



**Abbildung 6-16: Kritikalitäts-Häufigkeits-Portfolio zu den behandelten Schnittstellen**

Mit Blick auf die Verteilung der Schnittstellen, welche im Fallbeispiel verschiedenen Schleifen angehören, lässt sich folgende Schlussfolgerung ziehen: Für eine erste Optimierungswelle bieten sich die beiden Schnittstellen  $P_{10}$  und  $I_{31}$  an, da sie sehr häufig in Erscheinung treten und dabei durchaus einer kritischen Beurteilung unterliegen. Erst innerhalb einer zweiten Welle würden die Schnittstellen  $M_1$ ,  $I_5$ ,  $I_{17}$  und  $P_{25}$  in ihren entsprechenden Schleifen berücksichtigt werden. Bei ihnen liegt entweder die Kombination aus geringer Auftrittshäufigkeit und mittlerer Kritikalität oder hoher Auftrittshäufigkeit und geringer Kritikalität vor.

Um nachfolgend das Vorgehen zur Entwicklung von Verbesserungsmaßnahmen zu validieren, wird aus den zwei angesprochenen Optimierungswellen jeweils eine Schnittstelle exemplarisch ausgewählt. Zunächst wird die **physische Schnittstelle  $P_{10}$**  im Hinblick auf Optimierungspotentiale untersucht. Vor dem Hintergrund, dass das schrittweise Entnehmen der Kartonagen von einer Palette in Verbindung mit dem anschließenden Umpacken der darin befindlichen Lenkräder in KLT ( $P_{11}$  und  $P_{12}$ ) keine Wertschöpfung darstellen, gilt es Lösungsansätze ins Auge zu fassen, die auf eine Eliminierung dieser Schnittstellen ausgerichtet sind. Eine denkbare Maßnahme zielt darauf ab, die Lenkräder nach der Fertigung beim Modullieferanten X in einem verschließbaren KLT zu verstauen anstatt Kartonagen zu verwenden.

Gemäß dem Prinzip der Durchgängigkeit aus der Pyramide des schlanken Schnittstellendesigns (siehe Abbildung 6-8) würden sämtliche Umpackaufwände entfallen, weil die Lenkräder dann bereits in dem montageseitig gewünschten Bereitstellbehälter beim OEM Y ankommen würden. Zusätzlich erscheint es sinnvoll, vom Prinzip der Bündelung gleicher Logistikfunktionen Gebrauch zu machen, indem der WE-Puffer und der Prüfplatz-Puffer funktionell zusammengelegt werden. Durch die direkte Weitergabe der Waren an die Qualitätssicherung nach deren Anlieferung würden sich unnötige interne Förderprozesse vermeiden lassen. Infolge einer Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen würde mit  $P_{10}$  eine als kritisch eingeschätzte und häufig auftretende Schnittstelle hinfällig werden.

Dabei sind allerdings geringfügige Auswirkungen auf die Lieferantenschleife A zu berücksichtigen. Bei den physischen Schnittstellen  $P_1$ ,  $P_2$  sowie  $P_3$  ändert sich lediglich die Tatsache, dass fortan die Lenkräder in KLT abgelegt und jene anstelle von Kartonagen auf einer Palette zwischengepuffert werden. Der Wechsel der Verpackung zieht außerdem Verbesserungen an den informationellen Schnittstellen  $I_3$  und  $I_4$  nach sich. Da es gilt, jede Ladeeinheit mit einem Fertigungsetikett auszustatten, wurde ursprünglich pro Lenkrad bzw. Kartonage ein Beleg erstellt. Ein KLT kann jedoch vier Lenkräder aufnehmen, so dass sich zukünftig die Anzahl an benötigten Fertigungsetiketten um 75 Prozent reduzieren wird. Somit sinken auch die Auftrittshäufigkeiten von  $I_3$  und  $I_4$ . Weitere positive Effekte lassen sich in der Wareneingangsschleife B beobachten. Durch die Beseitigung der Umpack- und Verlagerungsprozesse werden nicht nur die drei physischen Schnittstellen  $P_{10}$ ,  $P_{11}$  und  $P_{12}$  überflüssig, sondern ebenso die menschliche Schnittstelle  $M_6$ . Der Mitarbeiter im Wareneingang wird dort nicht mehr benötigt und kann für andere Tätigkeiten eingesetzt werden. Deshalb erfolgt der Verantwortungsübergang nun unmittelbar zwischen dem für die Lkw-Entladung zuständigen Staplerfahrer und dem Qualitätsprüfer, was zu einer entsprechenden Änderung an  $M_7$  führt. Nicht zuletzt ist auch  $P_9$  von einer Modifikation betroffen, welche daraus resultiert, dass die entladenen Paletten nicht länger im WE-Puffer, sondern am Prüfplatz abgestellt werden. Mithilfe des vorgestellten Optimierungsansatzes lassen sich in der Wareneingangsschleife B summa summarum vier Schnittstellen sowie zwei Logistikfunktionen<sup>18</sup> eliminie-

---

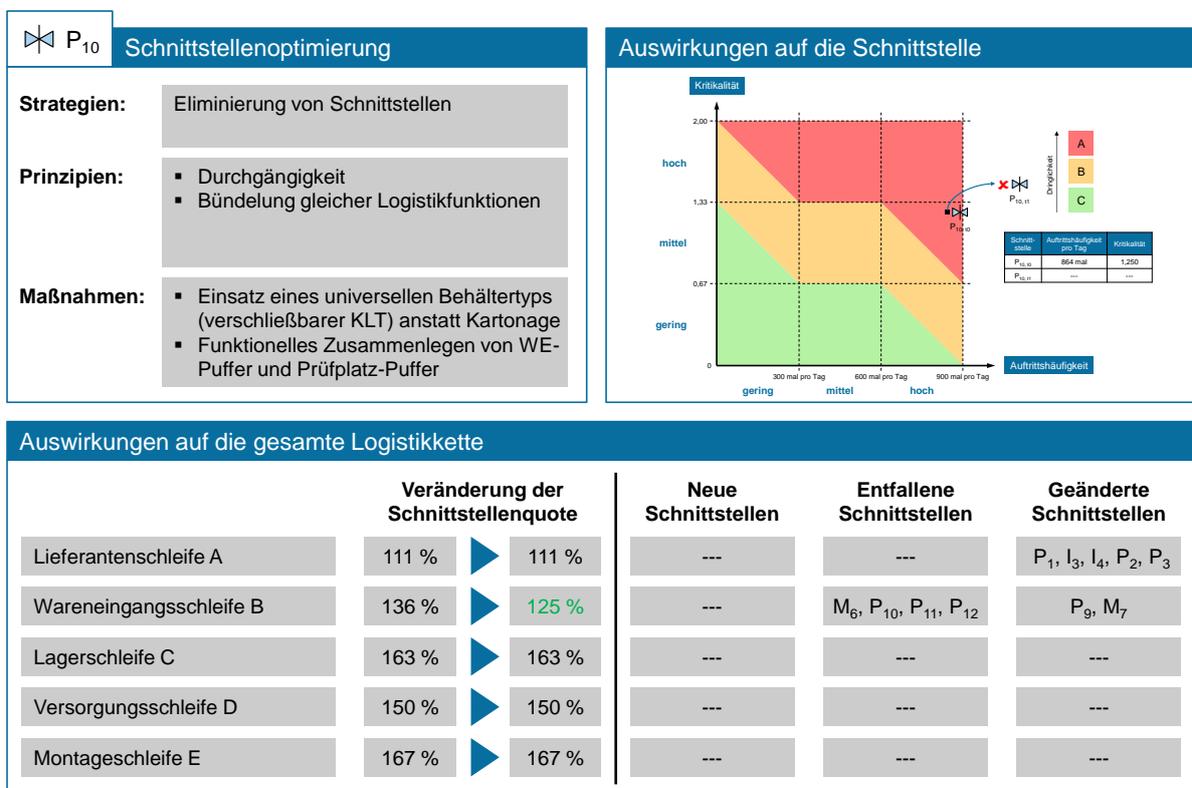
<sup>18</sup> Die Zwischenpufferung der Güter im Wareneingang sowie deren Beförderung zum Prüfplatz können zukünftig entfallen. Das Entpacken der Ladeeinheiten bleibt hingegen bestehen, da die KLT jeweils in einem geschlossenen Zustand beim OEM Y angeliefert werden.

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

ren, wodurch sich deren Schnittstellenquote auf einen Wert von 125 Prozent verbessert:

$$\text{Schnittstellenquote}_{\text{Schleife B, neu}} = \frac{\text{Anzahl Schnittstellen in Schleife B}}{\text{Anzahl Logistikfunktionen in Schleife B}} = \frac{15}{12} = 125\%$$

Bei der Lieferantenschleife A bleibt die Schnittstellenquote dagegen unverändert. Gleiches gilt für die Schleifen C, D und E, auf deren Logistikfunktionen und Schnittstellen das Lösungskonzept keinen Einfluss nimmt. Abbildung 6-17 fasst die diskutierten Maßnahmen sowie ihre Auswirkungen nochmals zusammen.



**Abbildung 6-17: Dokumentationsblatt zur Optimierung der physischen Schnittstelle P<sub>10</sub>**

Das methodische Vorgehen innerhalb des Optimierungsprozesses soll zusätzlich anhand der **informationellen Schnittstelle I<sub>5</sub>** veranschaulicht werden. Diese dient dazu, Güterinformationen aus einem Barcode per Handscanner auszulesen. Aufgrund der fehleranfälligen und personalintensiven Buchungsvorgänge im Wareneingang des Modullieferanten X wird eine automatisierte Lösung favorisiert, welche nicht auf dem bei P<sub>10</sub> erläuterten Verbesserungsansatz basiert, sondern davon losgelöst zu betrachten ist. Die Grundidee beruht auf einer kollektiven Buchung aller Kartongen einer Palette während des Transfers aus der Fertigung in den Waren-

ausgang. Sobald der Stapler ein stationär aufgestelltes RFID-Gate passiert, sollen die zukünftig mit RFID-Transpondern ausgestatteten Kartonagen in einem Vorgang und ohne manuellen Zusatzaufwand systemseitig erfasst werden. Man spricht in diesem Kontext von einer Pulkerfassung, welche im Bruchteil einer Sekunde abläuft. Hierbei sendet ein am RFID-Gate installiertes Lesegerät ein permanentes Hochfrequenzsignal aus. Wenn die Kartonagen in die Reichweite der Leseinheit gelangen, werden deren Transponder durch Energiezufuhr über eine induktive Kopplung aktiviert. In der Folge können Informationen übermittelt werden, indem die Transponder ihre gespeicherten Daten in Form von elektromagnetischen Wellen abgeben. Jene können wiederum über die Antennen des Lesegerätes empfangen, decodiert und schließlich an ein übergeordnetes ERP-System weitergeleitet werden ([Klu-2010, S. 238f.], [Weh-2007, S. 1ff.]).

Dem beschriebenen Lösungsansatz liegen mehrere Prinzipien aus Abbildung 6-8 zugrunde, welche der Verschlinkung des vorliegenden Schnittstellenprozesses dienen sollen. Es werden die beiden unterschiedlichen Logistikfunktionen Fördern und Buchen parallelisiert und gleichzeitig durch die Pulkerfassung mehrere Buchungsvorgänge gebündelt. Es muss demnach nicht jede Kartonage einzeln registriert werden, wobei jenes Prinzip bereits im Ist-Zustand erfolgreich angewendet wird. Durch die Prozessautomatisierung kann zudem die Ressourceneffizienz erhöht werden, indem die Minimierung von Personal als weiterer Leitgedanke berücksichtigt wird. Mit Blick auf die in Abbildung 6-18 aufgezeigten Auswirkungen, die sich durch den Einsatz eines RFID-Systems für die Schnittstelle  $I_5$  ergeben, lässt sich konstatieren, dass sich in Bezug auf deren Auftrittshäufigkeit keinerlei Optimierungen erzielen lassen, wohl aber hinsichtlich ihrer Kritikalität. Eine wiederholte durchgeführte Beurteilung von  $I_5$  auf Basis der RFID-Lösung liefert einen stark verbesserten Kritikalitätswert von 0,288. Eine Gegenüberstellung mit dem Ist-Zustand in Tabelle 6-9 verdeutlicht, dass der Soll-Zustand bei den meisten Bewertungskriterien eine positive Entwicklung aufweist. Lediglich bei zwei Aspekten lassen sich Schwächen erkennen. Beim Auslesen der Transponder entstehen zum Teil Übertragungsfehler, so dass der Informationsweg verglichen mit der Barcode-Technologie störungsanfälliger ist. Außerdem sind die im Rahmen eines RFID-Systems benötigten Informationsträger mit höheren Kosten verbunden. Bei den Lesegeräten ist mit Preisen in Höhe von mehreren tausend Euro zu rechnen, sobald Gates mit großen Antennen und hohen Reichweiten zum Einsatz kommen. Die Preisspanne bei einfachen Transpondern liegt derzeit bei etwa 30 Cent bis zu einem Euro pro Stück [Klu-2008b, S. 34f.].

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

Nr.	Bewertungskriterium	Ist-Zustand			Gewichtung	Gewichtete Bewertung	Soll-Zustand (Optimierungsansatz)					
		Qualitative Bewertung gut	mittel	schlecht			Beschreibung	Qualitative Bewertung gut	mittel	schlecht	Gewichtete Bewertung	Tendenz
Mitarbeiter	1			2	0,048	0,096	Automatisierung der Warenbuchung ► Kein Personal nötig	0			0	↑
	2			2	0,048	0,096	Entfall ungünstiger Körperhaltungen beim Menschen während des Scanvorganges		1		0,048	↑
	3	0			0,048	0	Unwesentlich, da zukünftig automatisierter Vorgang	0			0	⇒
Ordnung und Sauberkeit	4			2	0,048	0,096	Aufgeräumter, übersichtlicher Zustand ► Fahrt mit einer Palette unter RFID-Gate	0			0	↑
	5			2	0,048	0,096	RFID-Gate als optisch herausragendes Fahrziel für Stapler	0			0	↑
Null Fehler	6			2	0,048	0,096	• Reduzierung der Fehlerrate • Aber: Keine 100-Prozent-Erfassungsrate der Transponder bei Pulklesungen ► Gefahr von unvollständigen und fehlerhaften Datensätzen		1		0,048	↑
	7			2	0,048	0,096	Gleiche Techniken zur Informationsspeicherung/ -verarbeitung • Informationsträger 1: Transponder (Daten in elektronischer Form) • Informationsträger 2: Lesegerät (Daten in elektronischer Form)	0			0	↑
Standardisierung	8			2	0,048	0,096	Gleiche Datenformate • Transponder und Lesegerät: Daten in Form von Bit und Byte	0			0	↑
	9	0			0,048	0	Buchungsvorgang immer gleich, da automatisierter Vorgang	0			0	⇒
Ziehender Fluss	10	0			0,048	0	Keine Flussunterbrechungen ► Unmittelbare Ausführung des Buchungsvorganges beim Passieren der Lesestelle	0			0	⇒
Stabilität	11		1		0,048	0,048	• Hohe Zuverlässigkeit des Lesegerätes ► Permanente Stromversorgung über Stromkabel, kein Akku-Betrieb • Hohe Verfügbarkeit der Transponder (selbstklebend) ► Gute Haftung an Kartonagen	0			0	↑
	12	0			0,048	0	Teilweise Übertragungsfehler durch starkes Rauschen		1		0,048	↓
Synchronisation	13		1		0,048	0,048	• Permanente Verfügbarkeit der Standfläche für RFID-Gate durch fixe Reservierung • Permanente Verfügbarkeit des RFID-Lesegerätes ► Wird ausschließlich zum Buchen im Warenausgang verwendet • Hohe Verfügbarkeit der Transponder ► Vergessenes Aufkleben im vorgelagerten Prozess nicht zu erwarten (analog Etiketten)	0			0	↑
	14		1		0,048	0,048	• Kein Sichtkontakt zwischen Lesegerät und Transponder bei Datenerfassung notwendig • Aber: Viele Abstimmungsparameter zur Erzielung einer hohen Erkennungsrate (z. B. Position des Transponders am Behälter, Arbeitsfrequenz des Transponders, Ausrichtung der Leseantennen)		1		0,048	⇒
Ressourceneffizienz	15			2	0,048	0,096	Hohe Umweltresistenz der Transponder (z. B. durch Ummantelungen oder Gehäuse) ► Vermeidung von Fehlesungen durch beschädigte Daten	0			0	↑
	16		1		0,048	0,048	Zeitbedarf: < 1 s (Pulkerfassung) • Aussendung eines permanenten Hochfrequenzsignals durch Lesegerät • Aktivierung des (passiven) Transponders in Reichweite des Lesegerätes durch Energiezufuhr • Abgabe von elektromagnetischen Wellen mit Daten des Speichers durch Transponder • Datenübermittlung • Empfang der elektromagnetischen Wellen durch Antennen des Lesegerätes	0			0	↑
Langfristigkeit	17			2	0,048	0,096	Kein Personal erforderlich	0			0	↑
	18			2	0,048	0,096	Standfläche für RFID-Gate (0,25 m <sup>2</sup> )	0			0	↑
Langfristigkeit	19	0			0,048	0	• 1 RFID-Lesegerät • RFID-Transponder an Kartonagen ► Hohe Kosten eines RFID-Systems • Problemlose Erweiterbarkeit des Erfassungsvolumens, da Grenzkapazität des RFID-Lesegerätes noch nicht erreicht (200 Transponder pro Sekunde möglich) • Problemlose Anpassung bei Änderung des verwendeten Transponder-Typs			2	0,096	↓
	20	0			0,048	0	Ausführung des Buchungsvorganges • ortsunabhängig (keine technischen Fixpunkte durch Mobilität des RFID-Gates und WLAN-Datenübertragung) ► Verlagerung möglich	0			0	⇒
	21	0			0,048	0		0			0	⇒
		Kritikalität			Σ	1,008	1,152				0,288	

Tabelle 6-9: Bewertungsergebnis nach der Optimierung der informationellen Schnittstelle I<sub>5</sub>

Neben einer Neubewertung der Schnittstelle sind wiederum Auswirkungen auf die Logistikkette zu untersuchen. Durch die automatisierte Buchung der Artikel beim Durchfahren eines RFID-Gates ändert sich nicht nur die betrachtete Schnittstelle  $I_5$ , sondern infolgedessen ebenso die informationelle Schnittstelle  $I_7$ . Fortan werden die erfassten Wareninformationen über ein RFID-Lesegerät und nicht – wie bisher – über einen Handscanner an das ERP-System transferiert. Ferner wird die Schnittstelle  $I_6$  gänzlich überflüssig, da die Daten jeder einzelnen Kartonage ausgelesen werden. Somit besteht keine Notwendigkeit mehr, die Gütermenge pro Palette nach dem Scanvorgang manuell zu ergänzen, um den Buchungsprozess abschließen zu können. Die technischen Abläufe an den Schnittstellen  $I_3$  und  $I_4$  werden ebenfalls neu gestaltet. Das Bedrucken von Etiketten wird ersetzt durch das Beschreiben von RFID-Transpondern, welche danach auf die Kartonagen geklebt werden. Somit werden Informationen zunächst vom ERP-System auf ein RFID-Lesegerät mit Schreibfunktion übertragen ( $I_3$ ), ehe sie auf den Transponder gelangen ( $I_4$ ). Die dargelegten Veränderungen in der Lieferantenschleife A führen zu einer Reduzierung der Schnittstellenquote auf 105 Prozent. Mit der Umsetzung der RFID-Lösung können zwar keine Logistikfunktionen eingespart werden, wohl aber eine informationelle Schnittstelle, weshalb sich ein neuer Quotenwert ergibt:

$$\text{Schnittstellenquote}_{\text{Schleife A, neu}} = \frac{\text{Anzahl Schnittstellen in Schleife A}}{\text{Anzahl Logistikfunktionen in Schleife A}} = \frac{20}{19} = 105\%$$

In den übrigen vier Optimierungsschleifen lassen sich hingegen keinerlei Auswirkungen auf Logistikfunktionen und Schnittstellen beobachten.

## 6 Vorgehensmodell zur Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen

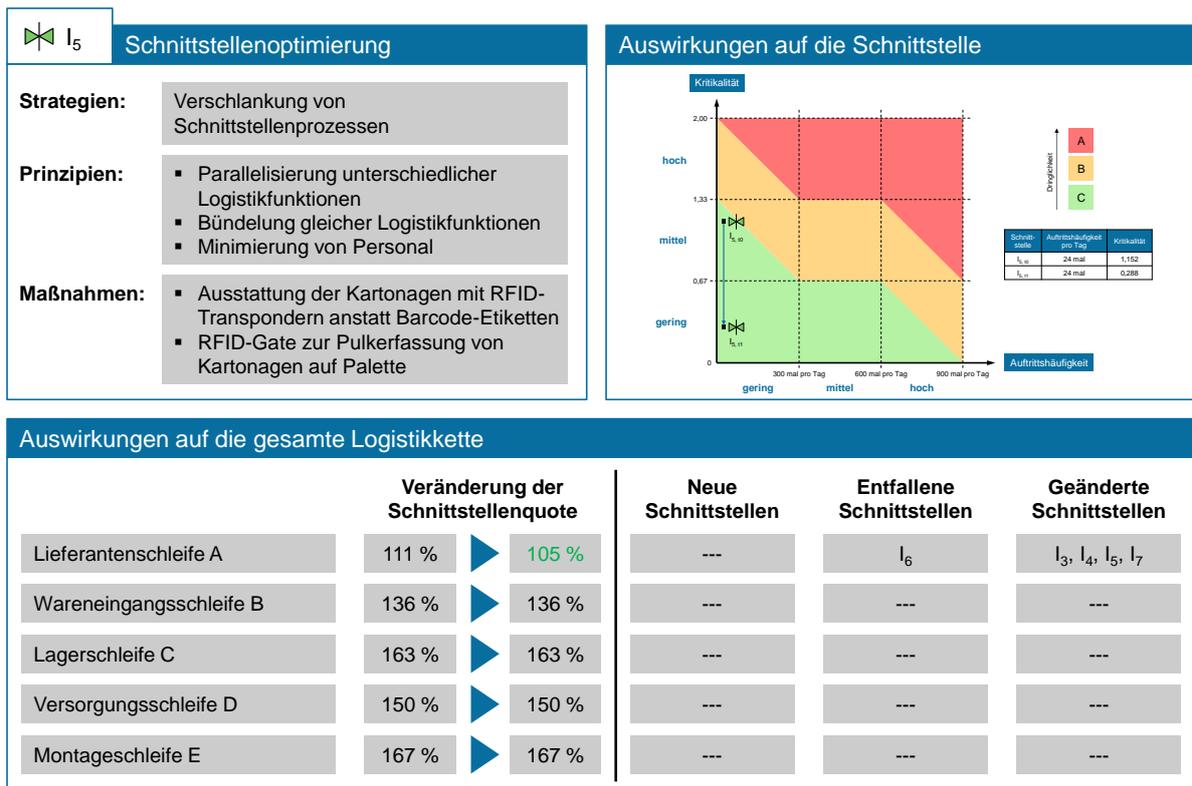


Abbildung 6-18: Dokumentationsblatt zur Optimierung der informationellen Schnittstelle I<sub>5</sub>

### 6.3 Fazit

Ein Defizit bei vielen Ansätzen zur Prozessplanung und -gestaltung liegt in der eher rudimentären Berücksichtigung von Schnittstellen im Verlauf einer Logistikkette. Somit wird eine ganzheitliche Betrachtungsweise und vollständige Potentialerschöpfung gerade bei Optimierungsvorhaben erschwert. Das Augenmerk wird in erster Linie auf die Verbesserung der einzelnen Logistikfunktionen gerichtet und weniger darauf, jene möglichst effektiv und effizient miteinander zu verknüpfen. Mit dem Vorgehensmodell zum schlanken Schnittstellendesign wurde in Kapitel 6 ein Leitfaden vorgestellt, welcher eine strukturierte Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen gewährleistet. Durch dessen Integration in die logistikorientierte Wertstromanalyse wird die Schnittstellenbetrachtung mit einer bestehenden Methode zur Planung von Material- und Informationsflüssen kombiniert und diese dadurch um eine wichtige inhaltliche Komponente erweitert.

Das beschriebene Vorgehen versucht auch in seinem Aufbau dem Anspruch der Ganzheitlichkeit gerecht zu werden. So werden dem Planer in allen Phasen des Schnittstellendesigns präzise Handlungsanweisungen gegeben sowie entsprechende Werkzeuge zur Verfügung gestellt, womit sich Schnittstellen in einer Wert-

schöpfungskette identifizieren, klassifizieren, beschreiben, bewerten und letzten Endes optimieren lassen. Um den Aufwand aufgrund der oftmals großen Anzahl an vorliegenden Schnittstellen in akzeptablen Grenzen zu halten, wählt das Vorgehensmodell einen selektiven Ansatz. Demnach werden sämtliche Schnittstellen zunächst in mehrere Schleifen eingeteilt, von denen anschließend diejenige weiter verfolgt wird, die über den höchsten Schnittstellenanteil verfügt. Durch diese Form der Priorisierung kann der Analysebereich signifikant eingeschränkt werden. Eine zusätzliche Fokussierung erfolgt, indem nach der Bewertung aller Schnittstellen in der ausgewählten Schleife lediglich besonders kritische und auftrittsstarke für eine nachfolgende Optimierung herangezogen werden.

Eine Validierung des Vorgehens anhand eines konkreten Fallbeispiels aus der Automobilindustrie hat den Nachweis über dessen Praxistauglichkeit erbracht. Die konsequente Einhaltung der definierten Ablaufschritte gepaart mit der Anwendung der Unterstützungswerkzeuge hat einen probaten Weg aufgezeigt, problematische Schnittstellen aus einer großen Menge herauszufiltern und zielgerichtet zu verbessern, so dass am Ende eine für die Logistikkette gesamtoptimale Lösung entsteht. Die Validierung hat allerdings auch verdeutlicht, dass das Vorgehensmodell durchaus noch Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung bietet. So lassen sich aktuell etwa die für einzelne Schnittstellen entworfenen Maßnahmen häufig nicht kombinieren, da sie unabhängig voneinander erarbeitet wurden. In diesem Fall gilt es abzuwägen, welche Lösungen am besten harmonisieren und deswegen gemeinsam umzusetzen sind. Das kann dazu führen, dass aussichtsreiche Optimierungsideen letztlich verworfen werden, weil sie nicht in das Gesamtgefüge passen. Um ein derartiges Szenario zu vermeiden, muss eine Möglichkeit geschaffen werden, die auf eine synchronisierte Lösungsfindung abzielt bei der Behandlung verschiedener Schnittstellen entlang des Wertstromes. Dadurch soll das Entwickeln von aufeinander abgestimmten Maßnahmen gefördert werden.



## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die Automobilindustrie zählt zu den weltweit führenden Wirtschaftsbranchen, was nicht nur auf die Faszination zurückzuführen ist, die Automobile seit jeher beim Menschen auslösen. Dafür verantwortlich zeichnet gleichermaßen die weiter fortschreitende globale Ausrichtung der Branche sowohl in Bezug auf Beschaffungsmärkte als auch Absatzmärkte. Insbesondere für Länder wie Brasilien, Russland, Indien und China werden zukünftig hohe Wachstumszahlen prognostiziert. Aufgrund des wirtschaftlichen Aufschwungs ist von einem deutlichen Anstieg der Pkw-Dichte in diesen sogenannten BRIC-Staaten auszugehen, zumal jene durch hohe Bevölkerungszahlen gekennzeichnet sind. Die Globalisierung bietet zahlreiche Chancen für die Automobilwirtschaft, wenngleich auch die logistischen Herausforderungen durch immer komplexer werdende Wertschöpfungsketten steigen.

Um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben, muss eine leistungsfähige Logistik geschaffen werden, welche sich an den Anforderungen der internen sowie externen Kunden orientiert und zugleich ressourceneffiziente Abläufe sicherstellt. Diese beiden zentralen Gedanken rücken bei der Philosophie einer schlanken Logistik in den Vordergrund. Zum einen bedarf es dabei der Implementierung von Prozessen, die eine hohe Kundenzufriedenheit aus Logistiksicht garantieren, indem die nachgefragten Produkte rechtzeitig, vollständig und beschädigungsfrei an den richtigen Ort geliefert werden. Auf der anderen Seite gilt es darauf zu achten, Verschwendungen in den Prozessen weitestgehend zu vermeiden, um einen Kundenauftrag nicht nur inhaltlich, sondern auch kostentechnisch optimal erfüllen zu können.

Auf dem Weg zu ganzheitlich schlanken Logistikketten darf das Augenmerk jedoch nicht ausschließlich auf die einzelnen Prozesse gerichtet werden. Vielmehr muss das Betrachtungsfeld erweitert werden, indem ebenso deren Schnittstellen als verbindende Elemente im Material- und Informationsfluss näher beleuchtet werden. Ihnen wird bei der Planung bisher eine zumeist eher untergeordnete Bedeutung beigemessen, obwohl sie einen wesentlichen Einfluss auf die Effektivität und Effizienz einer gesamten Prozesskette nehmen können. Prozessschnittstellen sind oftmals von Flussunterbrechungen geprägt. Zudem stellen sie häufig eine Fehlerquelle dar und erfordern einen zusätzlichen Ressourcenbedarf. Deswegen befasste sich diese Dissertation explizit damit, Schnittstellen in automobilen Logistikketten in strukturierter Form zu identifizieren, im Hinblick auf potentielle Schwachstellen zu analysieren und zu bewerten, um darauf aufbauend entsprechende Optimierungsansätze erarbeiten zu können.

Zunächst galt es die begriffliche und thematische Vielfalt im Zusammenhang mit Schnittstellen einzugrenzen, indem sich auf physische, informationelle und menschliche Schnittstellen konzentriert wurde, welche im vorliegenden Anwendungsfall als relevant erschienen. Erstere verknüpfen dabei zwei Logistikprozesse, zwischen denen ein Gut von einem Arbeitsmittel auf das nächste übergeben wird. Anstelle eines Arbeitsmittels kann ebenso eine Person als Material aufnehmende bzw. abgebende Instanz in Erscheinung treten. Die zweite Art von Schnittstelle widmet sich der Übertragung von Informationen im Prozessverlauf, welche entweder auf einen Informationsträger oder eine Person transferiert werden können. Als dritte Kategorie wurden menschliche Schnittstellen unterschieden, womit personelle Verantwortungswechsel entlang eines Wertstromes erfasst werden. Da Schnittstellen lediglich das unmittelbare Übergangsszenario beschreiben, wurde für den weiteren Verlauf der Arbeit der Begriff des Schnittstellenprozesses eingeführt. Zu dessen Umfang zählen auch vor- und nachbereitende Handlungsschritte.

Aus der anschließenden Betrachtung von typischen Schnittstellen in der Automobillogistik konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass jene in unterschiedlichsten Prozesskonstellationen auftreten können, was die Entwicklung von individuellen und maßgeschneiderten Lösungen bedingt. Ein Blick auf beispielhafte Probleme an den drei definierten Schnittstellenarten hat darüber hinaus das breite Spektrum an potentiellen Verschwendungen verdeutlicht, welche in der täglichen Praxis anfallen. Diese Sichtweise half allerdings entscheidend dabei, um im Umkehrschluss ein Verständnis zu generieren für das Wesen und die Eigenschaften eines schlanken Schnittstellenprozesses. Jener zeichnet sich – in Anlehnung an die beiden Leitsäulen einer schlanken Logistik – durch eine Orientierung am Kundennutzen und einen minimalen Ressourceneinsatz aus. Demzufolge gilt es bei einem Schnittstellenprozess ebenso darauf zu achten, die richtigen Objekte bzw. Informationen am entsprechend vorgegebenen Ort aufzunehmen bzw. abzugeben. Hierbei müssen ferner die vom Kunden geforderte Menge, der korrekte Zeitpunkt sowie die vereinbarten Qualitätsstandards eingehalten werden. Gegebenenfalls sind bei der Abwicklung noch bestimmte Zielkosten zu berücksichtigen. Neben der vollständigen Befriedigung aller Kundenerwartungen ist ein schlanker Schnittstellenprozess durch einen minimalen Bedarf an Zeit, Personal, Flächen, Arbeits- und Kommunikationsmitteln sowie Informationsträgern gekennzeichnet.

Das geschaffene Profil eines schlanken Schnittstellenprozesses bildete die Ausgangsbasis für die Erarbeitung von Strategien und Prinzipien, welche einen Weg

dorthin beschreiben sollten. Als Kernaussage lässt sich festhalten, dass das primäre Bestreben in einer Eliminierung von Schnittstellen liegen sollte. Allerdings lassen sich Güter-, Informations- oder Verantwortungsübergänge entlang einer Logistikkette nicht gänzlich vermeiden, so dass in diesen Fällen jeweils Möglichkeiten zur Reduzierung und Verschlankeung von Schnittstellenprozessen in Erwägung gezogen werden müssen. Dem Entwurf von Prinzipien, welche die Anwendung der dargelegten Strategien in der Praxis unterstützen sollen, lag der Anspruch einer ganzheitlichen Betrachtungsweise zugrunde. Daher wurde ein umfassender Katalog bestehend aus Ober- und Unterprinzipien entwickelt, welcher durch sein Facettenreichtum auf die Erfüllung sämtlicher Kriterien eines schlanken Schnittstellenprozesses abzielt.

Um den bis dato eher theoretischen Charakter der aufgestellten Prinzipien abzulegen, wurden jene in einem nächsten Schritt operationalisiert. Hierzu wurden zu jeder Grundregel konkrete Lösungen präsentiert für beispielhafte physische Schnittstellen aus dem automobilen Alltagsgeschäft. Dabei lässt sich konstatieren, dass es nicht zwingend aufwändiger Technikkonzepte bedarf, um schlanke Schnittstellenprozesse realisieren zu können. Vielfach können bereits mit organisatorischen Ansätzen erstaunliche Verbesserungspotentiale ausgeschöpft werden. Essentiell ist außerdem die Tatsache, sich nicht ausschließlich auf ein Prinzip zu fokussieren, sondern stets mehrere Hebel zur Optimierung in Bewegung zu setzen.

Auf Grundlage der geleisteten Vorarbeiten konnte zum Abschluss dieser Dissertation ein Vorgehensmodell entworfen werden, welches den Logistikplaner schrittweise bei der Analyse und Optimierung von Prozessschnittstellen begleitet. Die einzelnen Anwendungsschritte wurden später am Fallbeispiel validiert. Als erstes galt es eine Möglichkeit herbeizuführen, die Auftrittsorte von Schnittstellen in einer Logistikkette zu identifizieren und entsprechend zu kennzeichnen. Durch die Einbindung der Schnittstellenerfassung in die logistikorientierte Wertstromanalyse konnte auf eine bestehende Methodik zur Prozessaufnahme aufgesetzt und diese in dem Zuge inhaltlich erweitert werden. Um die zumeist große Menge an Schnittstellen innerhalb eines betrachteten Wertstromes anschließend beherrschbar zu machen, wurde das Verfahren der Schleifenbildung vorgestellt, wonach die gesamte Prozesskette und somit auch sämtliche Schnittstellen in mehrere Abschnitte untergliedert werden. Für das weitere Analysevorhaben wird erst einmal nur diejenige Schleife selektiert, welche den höchsten Schnittstellenanteil aufweist. Darin wird nun jede einzelne Schnittstelle aus dem Blickwinkel der Lean-Philosophie untersucht. Dazu wurde ein

Bewertungsbogen geschaffen, dessen Kriterien aus den Prinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses abgeleitet wurden. Das Beurteilungsergebnis liefert sowohl eine Aussage über die Kritikalität als auch die Auftrittshäufigkeit einer Schnittstelle. Deren Dringlichkeit in Bezug auf eine nachfolgende Optimierung kann aus den beiden genannten Aspekten ermittelt werden. In dieser Phase wird eine nächste Verdichtungsstufe durchlaufen, indem zunächst lediglich besonders kritische sowie auftrittsstarke Schnittstellen weiter verfolgt werden. Für jene kommt als unterstützendes Werkzeug bei der Maßnahmendefinition die Pyramide des schlanken Schnittstellendesigns zum Einsatz. Darunter ist ein hierarchisch strukturierter Baukasten zu verstehen, worin – ausgehend von festgelegten Optimierungszielen – alle im Rahmen der Dissertation erarbeiteten Strategien, Prinzipien und Handlungsempfehlungen zusammengefasst wurden. In das Vorgehen zur Lösungsgenerierung wurde ein absichernder Mechanismus integriert, der die Auswirkungen von ange-dachten Maßnahmen zum einen auf die betroffene Schnittstelle selbst und zum anderen auf die gesamte Logistikkette berücksichtigt. Auf diese Weise soll abgeschätzt werden, ob und in welchem Umfang Verbesserungen an einer Schnittstelle zu erwarten sind. Außerdem wird sichergestellt, dass sich durch einen lokalen Eingriff keine negativen Effekte in anderen Prozessabschnitten ergeben.

Das in der vorliegenden Arbeit beschriebene Vorgehensmodell liefert eine zielgerichtete Planungsunterstützung bei der Optimierung von Prozessschnittstellen. Die aufgezeigten Abläufe und Werkzeuge sind dabei nicht als starrer Lösungsweg zu interpretieren. Vielmehr sollen sie als Grundlage dienen für inhaltliche Erweiterungen und spezifische Verbesserungen. Ein zukünftiges Forschungspotential besteht – wie in Kapitel 6.3 bereits angemerkt – beispielsweise in der Schaffung einer Systematik, welche die kombinierte Betrachtung von Schnittstellen ermöglicht. Das bisherige Prozedere sieht eine getrennte und voneinander losgelöste Erarbeitung von Optimierungsansätzen für verschiedene Schnittstellen vor. Im ungünstigsten Fall werden dadurch Konzepte generiert, die zwar bei einer isolierten Sichtweise erfolgsversprechend erscheinen, allerdings im Zusammenspiel mit anderen Maßnahmen nicht funktionieren oder gar obsolet werden. Daher bedarf es einer Synchronisierung bei der Lösungsfindung. Neben einer methodischen Weiterentwicklung bietet das Vorgehen ebenso Raum für punktuelle Ergänzungen. So empfiehlt es sich etwa, den Katalog an Handlungsempfehlungen sowohl in der Breite als auch Tiefe kontinuierlich zu vergrößern. Um dem Planer ein möglichst umfassendes Spektrum an potentiellen Lösungsalternativen zu bieten, sollte zum einen die bestehende Ideensammlung für schlanke physische Schnittstellen erweitert wer-

den. Gleichmaßen gilt es für informationelle und menschliche Schnittstellen sinnvolle Realisierungsmöglichkeiten aus der Praxis zusammenzutragen.



# Literaturverzeichnis

- [All-2005] Allweyer, T.: Geschäftsprozessmanagement. Strategie, Entwurf, Implementierung, Controlling. Herdecke, Bochum: W3L, 2005.
- [Ara-2013] Aral AG: Aral Studie. Trends beim Autokauf 2013. Bochum: 2013.
- [Arn-2008] Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K.: Handbuch Logistik. 3., neu bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008.
- [Arn-2013] Arnold Verladestysteme: Arnold Magic Air. Höhere Leistung dank praxistauglicher Ergonomie. Werbeblatt. Stuttgart: 2013.
- [Art-2009] Arthur D. Little GmbH: Zukunft der Mobilität 2020. Die Automobilindustrie im Umbruch? Frankfurt: 2009.
- [Bah-2006] Bahrs, O.; Heim, S.; Jung, B.; Weiß, M.: Qualitätszirkel in Gesundheitsförderung und Prävention. Chancen einer teilnehmerorientierten und kontinuierlichen Qualitätsentwicklung. Broschüre. Herausgegeben von: Gesellschaft zur Förderung Medizinischer Kommunikation (GeMeKo) e. V. Göttingen: 2006.
- [Bau-1998] Baumann, K.; Lanz, H.: Mensch-Maschine-Schnittstellen elektronischer Geräte. Leitfaden für Design und Schaltungstechnik. Berlin, Heidelberg: Springer, 1998.
- [Bau-2004] Baudin, M.: Lean Logistics. The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods. New York: Productivity Press, 2004.
- [Bau-2008] Bauer, N.: Die Fabrik von heute für das Auto von morgen. In: Baumgarten, H. (Hrsg.): Das Beste der Logistik. Innovationen, Strategien, Umsetzungen. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008, S. 257–266.
- [Bau-2014] Bauer, N.: Logistik in der Automobilindustrie. Fabrikplanung. Vorlesungsskriptum. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: 2014.

- [Bec-1993] Becker, J.; Rosemann, M.: Logistik und CIM. Die effiziente Material- und Informationsflussgestaltung im Industrieunternehmen. Berlin, Heidelberg: Springer, 1993.
- [Bec-2005] Becker, T.: Konzeption von Entwicklungspfaden für Zulieferparks in der Automobilindustrie. Dissertation. Universität Kassel, Kassel: 2005.
- [Bei-2001] Beitz, W.; Grote, K.-H.: Dubbel. Taschenbuch für den Maschinenbau. 20., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2001.
- [Ber-2008] Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW): Betriebliches Vorschlagswesen als Ideenmanagement. Broschüre. Hamburg: 2008.
- [Ber-2011a] Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW): Heben und Tragen. Informationsbroschüre. Bonn: 2011.
- [Ber-2011b] Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW): Informationen zur Arbeitssicherheit. Lastaufnahme mit dem Gabelstapler. Informationsbroschüre. Bonn: 2011.
- [Bis-2007] Bischoff, J.; Barthel, H.; Eisele, M.: Automobilbau mit Zukunft. Konzept und Bausteine für Produktion und Logistik. Stuttgart: LOG\_X, 2007.
- [BMW-2012] BMW Group: Eröffnung des Produktionswerks Tiexi. Medieninformation. München: 2012.
- [Bop-2013] Boppert, J.; Durchholz, J.: Null-Fehler-Prinzip in manuellen Logistikprozessen: Gestaltungsempfehlungen für den Planer. In: Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J. (Hrsg.): Schlanke Logistikprozesse. Handbuch für den Planer. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013, S. 237–265.
- [Bos-1994] Bossel, H.: Modellbildung und Simulation. Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme. 2., veränderte Auflage. Braunschweig: Vieweg, 1994.

- [Bre-2013] Brecht-Hadraschek, B.; Feldbrügge, R.: Prozessmanagement. Geschäftsprozesse analysieren und gestalten. 3., aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Redline, 2013.
- [Bud-2002] Buddensieg, W.: Bahnpost im Wandel der Jahrzehnte. Die Geschichte der Bahnpost in Deutschland. In: MIBA-Spezial 51, 2002, S. 6–13.
- [Bud-2011] Buddeberg, E.: Verantwortung im Diskurs. Grundlinien einer rekonstruktiv-hermeneutischen Konzeption moralischer Verantwortung im Anschluss an Hans Jonas, Karl-Otto Apel und Emmanuel Lévinas. Berlin, Boston: Walter de Gruyter, 2011.
- [Bun-2007a] Bundesministerium des Innern: Fragenkatalog des Bundesministeriums der Justiz. Berlin: 2007. URL: <https://netzpolitik.org> (Aufruf am 5. Februar 2014).
- [Bun-2007b] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV). 2007.
- [Bun-2011] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Technische Regeln für Arbeitsstätten – Beleuchtung (ASR A3.4). 2011.
- [Car-2012] Cargoclix Dr. Meier & Schmidt GmbH: Zeitfenstermanagement: Wartezeiten - Durchlaufzeiten - Preise. Eine empirische Untersuchung zur Wirksamkeit von Zeitfenstermanagement-Systemen. Freiburg: 2012.
- [Cla-2005] Clausen, U.: Lösungen für die Schnittstelle des mittelständischen Logistikdienstleisters mit seinem industriellen Auftraggeber. Tagungsvortrag. 6. Logistics Forum Duisburg, Duisburg: 24. Februar 2005.
- [Czw-2010] Czwikla, A.: Ein ganz anderes Shooting. In: autogramm – Die Zeitung für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Marke Volkswagen, Nr. 4, 2010.

- [Das-1997] Das, A.; Handfield, R. B.: Just-in-time and logistics in global sourcing: an empirical study. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Jg. 27, Nr. 3-4, 1997, S. 244–259.
- [Deu-2010] Deutsches Institut für Betriebswirtschaft GmbH: dib-Report 2009. Ideenmanagement in Deutschland. Frankfurt am Main: 2010.
- [Deu-2012] Deutsche Post AG: Delivering Tomorrow. Logistik 2050 - Eine Szenariostudie. Bonn: 2012.
- [DIN-1989a] DIN 30781, Teil 1 (Beiblatt): Transportkette – Grundbegriffe. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin: Beuth, 1989.
- [DIN-1989b] DIN 30781, Teil 1: Transportkette – Grundbegriffe. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin: Beuth, 1989.
- [DIN-2004] DIN EN 13698-1: Produktspezifikation für Paletten – Teil 1: Herstellung von 800 mm x 1200 mm Flachpaletten aus Holz. DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin: Beuth, 2004.
- [Dom-2009] Dombrowski, U.; Herrmann, C.; Lacker, T.; Sonnentag, S.: Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen. Ein ganzheitliches Konzept. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009.
- [Dre-2011] Dreier, S.: Arbeitssicherheit in der Logistik. Tagungsvortrag. LogiMAT 2011, Stuttgart: 10. Februar 2011.
- [Dur-2013a] Durchholz, J.; Günthner, W. A.: Leitlinien für eine schlanke Logistik. In: Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J. (Hrsg.): Schlanke Logistikprozesse. Handbuch für den Planer. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013, S. 11–15.
- [Dur-2013b] Durchholz, J.: Zehn Leitlinien für schlanke Logistik. In: Günthner, W. A.; Boppert, J. (Hrsg.): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013, S. 43–58.
- [Ehr-2003] Ehrmann, H.: Logistik. 4., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Ludwigshafen (Rhein): Kiehl, 2003.

- [Ern-2013] Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft: Die größten Automobilhersteller weltweit. Eine Analyse wichtiger Bilanzkennzahlen Juli bis September 2013. Eschborn: 2013.
- [Eur-2004] Europäische Kommission: European competitiveness report 2004: Competitiveness and benchmarking. Luxemburg: 2004.
- [Fin-2009] Finke, I.: Schnittstellen-Workshops und soziale Netzwerkanalyse. In: Mertins, K.; Seidel, H. (Hrsg.): Wissensmanagement im Mittelstand. Grundlagen - Lösungen - Praxisbeispiele. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009, S. 101–108.
- [Fro-2008] Fronia, P.: Logistische Gesichtspunkte der Wandlungsfähigkeit. In: Nyhuis, P.; Reinhart, G.; Abele, E. (Hrsg.): Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten. Garbsen: PZH, 2008, S. 70–74.
- [Geh-2007] Gehr, F.; Hellingrath, B.: Logistik in der Automobilindustrie. Innovatives Supply Chain Management für wettbewerbsfähige Zulieferstrukturen. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
- [Gil-2004] Gilligan, E.: Lean logistics: Not a fad diet. Companies learn to use demand to control their supply chains. In: The Journal of Commerce, 2004, S. 18–20.
- [Göp-2012] Göpfert, I.; Schulz, M.; Wellbrock, W.: Trends in der Automobillogistik. In: Göpfert, I.; Braun, D.; Schulz, M. (Hrsg.): Automobillogistik. Stand und Zukunftstrends. Wiesbaden: Gabler, 2012, S. 1–28.
- [Gri-2012] Grinninger, J.: Schlanke Produktionssteuerung zur Stabilisierung von Auftragsfolgen in der Automobilproduktion. Dissertation. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: 2012.
- [Gri-2013] Grinninger, J.: Bewertung von Logistiksystemen. In: Günthner, W. A.; Boppert, J. (Hrsg.): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013, S. 59–67.

- [Gro-1989] Großmann, G.; Krampe, H.; Ziems, D.: Technologie für Transport, Umschlag und Lagerung im Betrieb. 3., durchgesehene Auflage. Berlin: Verlag Technik, 1989.
- [Gud-2000] Gudehus, T.: Logistik 1. Grundlagen, Verfahren und Strategien. Berlin, Heidelberg: Springer, 2000.
- [Gün-2007a] Günthner, W. A.: Neue Wege in der Automobillogistik. Die Vision der Supra-Adaptivität. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
- [Gün-2007b] Günthner, W. A.; Heptner, K.: Technische Innovationen für die Logistik. München: Huss, 2007.
- [Gün-2009] Günthner, W. A.; Beckhaus, K.; Fischer, R.: Robuste und sichere Palettenidentifikation. In Gabelzinken integrierte RFID-Antennen. In: Getränkeindustrie, Nr. 9, 2009, S. 124–126.
- [Gün-2012a] Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Knössl, T.: Forschungsprojekt LEAN:log. Lösungen für Effizienzsteigerungen in automatisierten Netzwerken durch Logistik. Abschlussbericht. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, Garching: 2012.
- [Gün-2012b] Günthner, W. A.; Galka, S.; Klenk, E.; Knössl, T.; Dewitz, M.: Stand und Entwicklung von Routenzugsystemen für den innerbetrieblichen Materialtransport. Ergebnisse einer Studie. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, Garching: 2012.
- [Gün-2013] Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J.: Schlanke Logistikprozesse. Handbuch für den Planer. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013.
- [Gün-2014a] Günthner, W. A.: Förder- und Materialflusstechnik. Vorlesungsskriptum. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: 2014.

- [Gün-2014b] Günthner, W. A.: Materialfluss und Logistik. Vorlesungsskriptum. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: 2014.
- [Hag-2013] Hagenlocher, S.; Wilting, F.; Wittenbrink, P.: Schnittstelle Rampe – Lösungen zur Vermeidung von Wartezeiten. Schlussbericht. hwh Gesellschaft für Transport- und Unternehmensberatung mbH, Karlsruhe: 2013.
- [Han-2014] HanseLifter: Scherenhubtische mit abnehmbarer Rollenbahn. Bremen: 2014. URL: <http://www.hanselifter.de> (Aufruf am 20. März 2014).
- [Har-2009] Harnisch, C.: Netzwerktechnik. 4., überarbeitete Auflage. Heidelberg: Hüthig Jehle Rehm GmbH, 2009.
- [Has-2013] Hasler Roumois, U.: Studienbuch Wissensmanagement. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Zürich: Orell Füssli, 2013.
- [Hau-2010] Hauschildt, J.; Salomo, S.: Innovationsmanagement. 5., überarbeitete, ergänzte und aktualisierte Auflage. München: Vahlen, 2010.
- [Hni-2004] Hnida, U.: Rohrpost. Durch die Röhre kommt die Pille pünktlich. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 14. Dezember 2004, S. T1.
- [Hom-2010] ten Hompel, M.; Crostack, H.-A.: Strategien für die flexible, auftragsweise Kommissionierung mit integrierter Prüfung. Schlussbericht zum IGF-Forschungsvorhaben mit der Projekt-Nr. 15811 N. Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen, Technische Universität Dortmund, Dortmund: 2010.
- [Hör-2013] Hörmann KG Verkaufsgesellschaft: Verladetechnik. Komplettlösungen für mehr Effizienz. Werbebroschüre. Steinhagen: 2013.
- [Hup-2012] Huppertz, A.; Stühlen, M.: Lean Logistics - Made by Huppertz. In: Göpfert, I.; Braun, D.; Schulz, M. (Hrsg.): Automobillogistik. Stand und Zukunftstrends. Wiesbaden: Gabler, 2012, S. 227–252.
- [Hup-2014] Huppertz Group: Huppertz Lean Logistics System. Köln: 2014. URL: <http://www.huppertz-group.de> (Aufruf am 27. Januar 2014).

- [IBS-2014] IBS Planungs- und Vertriebsgesellschaft mbH: Container-Filler. Be- und Entladevorrichtung für ISO-Container. Werbebroschüre. Thierhaupten: 2014.
- [Ihm-2006] Ihme, J.: Logistik im Automobilbau. Logistikkomponenten und Logistiksysteme im Fahrzeugbau. München, Wien: Hanser, 2006.
- [IPE-2014] IPE GmbH: Staplerlose Fabrik. Eine Unternehmensleistung der IPE GmbH. Bietigheim-Bissingen: 2014. URL: <http://www.ipe-gmbh.de> (Aufruf am 25. März 2014).
- [Jan-2009] von Janczewski, B.: Unsere Mitarbeiter sind mittlerweile alle leanifiziert. In: Logistik für Unternehmen, Nr. 11-12, 2009, S. 22–25.
- [Jon-1997] Jones, D. T.; Hines, P.; Rich, N.: Lean logistics. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Jg. 27, Nr. 3-4, 1997, S. 153–173.
- [Jün-2000] Jünemann, R.; Schmidt, T.: Materialflußsysteme. Systemtechnische Grundlagen. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 2000.
- [Jun-2006] Jungheinrich AG: Elektro-Schlepper EZS 130. Betriebsanleitung. Hamburg: 2006.
- [Jun-2008] Jung, H.: Personalwirtschaft. 8., aktualisierte und überarbeitete Auflage. München: Oldenbourg, 2008.
- [Kal-2005] Kaluza, B.; Blecker, T.: Flexibilität - State of the Art und Entwicklungstrends. In: Kaluza, B.; Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität. Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen. Berlin: Erich Schmidt, 2005, S. 1–25.
- [Kle-2013a] Klenk, E.; Klevers, M.; Günthner, W. A.: Logistikorientierte Wertstromanalyse. In: Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J. (Hrsg.): Schlanke Logistikprozesse. Handbuch für den Planer. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013, S. 135–161.

- [Kle-2013b] Klenk, E.; Klevers, M.; Günthner, W. A.: Symbole für die logistikorientierte Wertstromanalyse. In: Günthner, W. A.; Durchholz, J.; Klenk, E.; Boppert, J. (Hrsg.): Schlanke Logistikprozesse. Handbuch für den Planer. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013, S. 225–236.
- [Klu-2008a] Klug, F.: Gestaltungsprinzipien einer Schlanke Logistik. In: ZfAW – Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft, Nr. 4, 2008, S. 56–61.
- [Klu-2008b] Klumpp, M.; Matheus, D.: Radio Frequency Identification (RFID) in der Logistik. Arbeitspapier. Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement, Fachhochschule für Oekonomie & Management, Essen: 2008.
- [Klu-2010] Klug, F.: Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010.
- [Knö-2012] Knössl, T.; Conze, M.; Günthner, W. A.; Schadl, M.: Der richtige Behälter. In: Logistik heute, Jg. 34, Nr. 3, 2012, S. 26–27.
- [Knö-2013] Knössl, T.: Logistikorientierte Wertstromanalyse. In: Günthner, W. A.; Boppert, J. (Hrsg.): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013, S. 135–144.
- [Koc-2000] Kocyba, H.; Vormbusch, U.: Partizipation als Managementstrategie. Gruppenarbeit und flexible Steuerung in Automobilindustrie und Maschinenbau. Frankfurt: Campus, 2000.
- [Koe-2008] Koether, R.: Taschenbuch der Logistik. 3., aktualisierte Auflage. München: Hanser, 2008.
- [KPM-2010] KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft: Unternehmens- und Markenkonzentration in der europäischen Automobilindustrie. Mögliche Szenarien im Jahr 2025. Berlin: 2010.

- [Kra-2013] Kraftfahrt-Bundesamt: Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2013 gegenüber 1. Januar 2012 nach Segmenten und Modellreihen. Flensburg: 2013. URL: [www.kba.de](http://www.kba.de) (Aufruf am 7. Januar 2014).
- [Kru-2013] Krug, S.: Automatische Konfiguration von Robotersystemen (Plug&Produce). München: Utz, 2013.
- [Kuh-1995] Kuhn, A.: Prozessketten in der Logistik. Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien. Dortmund: Praxiswissen, 1995.
- [Kuh-2005] Kuhn, A.: Gestaltung des Wandels durch intelligente Prozesse. Prozesseffizienz in der chemischen Industrie. Tagungsvortrag. REFA-Fachausschuss Chemie, Dortmund: 16. November 2005.
- [Lik-2007] Liker, J. K.: Der Toyota-Weg. 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns. 4., leicht veränderte Auflage. München: FinanzBuch, 2007.
- [Lin-2013a] Lindemann, U.; Helten, K.: Analysis of Management and Employee Involvement During the Introduction of Lean Development. In: Chakrabarti, A.; Prakash, R. V. (Hrsg.): ICoRD'13. Global Product Development. New Delhi: Springer, 2013, S. 897–911.
- [Lin-2013b] Lindemann, U.; Kirner, K. G. M.; Siyam, G. I.; Wynn, D. C.; Clarkson, P. J.: Information in Lean Product Development: Assessment of Value and Waste. In: Chakrabarti, A.; Prakash, R. V. (Hrsg.): ICoRD'13. Global Product Development. New Delhi: Springer, 2013, S. 809–819.
- [Mar-1978] Martin, H.: Förder- und Lagertechnik. Braunschweig: Vieweg, 1978.
- [Mar-2014] Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik. 9., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2014.
- [Mei-2002] Meinhold, M.: Alle treibt die Uhr. Im Bahnpostwagen unterwegs – damals. In: MIBA-Spezial 51, 2002, S. 14–18.

- [Mei-2009a] Meißner, S.; Günthner, W. A.: Lean Logistics. Ansatzpunkte der Gestaltung schlanker Logistiksysteme. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jg. 104, Nr. 4, 2009, S. 280–283.
- [Mei-2009b] Meißner, S.: Logistische Stabilität in der automobilen Variantenfließfertigung. Dissertation. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: 2009.
- [Mei-2013] Meier, L.: Logistiktuning – Funktionieren wie ein Zahnrad. In: Getränke! Technologie & Marketing, Nr. 3, 2013, S. 28–29.
- [Min-2006] Minssen, H.: Arbeits- und Industriesoziologie. Eine Einführung. Frankfurt am Main: Campus, 2006.
- [Nov-2013] Novoferm Vertriebs GmbH: Novoferm Docking Solutions. Effizient, sicher, kontrolliert – zu jeder Zeit. Werbebroschüre. Erkelenz: 2013.
- [Nyh-2007] Nyhuis, P.; Zoleko, F.: Variantenbeherrschung in einer mobilen Montage. Ergebnis einer „Integrativen Montageplanung“. In: wt Werkstattstechnik online, Nr. 4, 2007, S. 244–248.
- [Ohn-2009] Ohno, T.: Das Toyota-Produktionssystem. Frankfurt, New York: Campus, 2009.
- [ONK-2007] ONK GmbH: Logistic Tools. Produkte und Dienstleistungen für die Lagerlogistik. Werbebroschüre. Köln: 2007.
- [Pet-2002] Petursson, M.; Neppert, Joachim M. H.: Elementarbuch der Phonetik. 3., durchgesehene und bearbeitete Auflage. Hamburg: Buske, 2002.
- [Pfe-1994] Pfeiffer, W.; Weiss, E.: Lean-Management. Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: Erich Schmidt, 1994.
- [Pfe-2012] Pfeiffer, T.: Arbeitsschutz von A-Z 2013. Freiburg: Haufe-Lexware, 2012.

- [Pfo-1994] Pfohl, H.-C.; Aberle, G.: Management der Logistikkette. Kostensenkung - Leistungssteigerung - Erfolgspotential. Berlin: Erich Schmidt, 1994.
- [Pfo-1997] Pfohl, H.-C.: Informationsfluss in der Logistikkette. EDI - Prozessgestaltung - Vernetzung. Berlin: Erich Schmidt, 1997.
- [Pia-2005] Piazza, H.-M.: Automatisierung der Verladung. In: FM – Das Logistik-Magazin, Nr. 6, 2005, S. 32–33.
- [Pia-2011] Piazza, H.-M.: Besser verladen – besser wirtschaften. In: FM – Das Logistik-Magazin, Nr. 4, 2011, S. 36–43.
- [Pri-2010] PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft: Transportation & Logistics 2030. Volume 1: How will supply chains evolve in an energy-constrained, low-carbon world? Deutsche Kurzfassung. Frankfurt: 2010.
- [Ram-2012] Rammelmeier, T.; Galka, S.; Günthner, W. A.: Fehlervermeidung in der Kommissionierung. In: Logistics Journal Proceedings, 2012, S. 1–8.
- [Rei-2007] Reitz, A.: Total Productive Management (TPM). In: Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss. Mit Lean Production, Kanban und Innovationen. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007, S. 44–50.
- [Reu-2009] Reuter, C.: Logistikrelevante Lösungen auf der Basis von Lean-Management bei kleinen Losgrößen und hoher Variantenvielfalt. Dissertation. Heimsheim: Jost-Jetter, 2009.
- [Rie-2012] Rieg, F.; Steinhilper, R.: Handbuch Konstruktion. München, Wien: Hanser, 2012.
- [Rot-2000] Rother, M.; Shook, J.: Sehen lernen. Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen. Stuttgart: LOG\_X, 2000.
- [SAF-2014] SAFELOG GmbH: Pick by Light - Poka Yoke Kleinteilkommissionierung. Kirchheim: 2014. URL: <http://www.safelog.de> (Aufruf am 31. Dezember 2014).

- [Sch-2004] Schenk, M.; Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. Berlin, Heidelberg: Springer, 2004.
- [Sch-2005] Schulte, C.: Logistik. Wege zur Optimierung der Supply Chain. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Vahlen, 2005.
- [Sch-2010a] Schlecht, B.: Maschinenelemente 2. Getriebe, Verzahnungen, Lagerungen. München: Pearson Education Deutschland GmbH, 2010.
- [Sch-2010b] Schnabel, U.: Rohrpost. Flott unterwegs – schneller Austausch dank Rohrpost. In: Gesundheit und mehr..., Nr. 4, 2010, S. 4–5.
- [Sch-2013] Schweikl, T.: Ladehelfer. Marktübersicht: Dreirad-Elektrostapler bis 2,0 t. In: Logistra, Nr. 1-2, 2013, S. 32–33.
- [S-E-2011] S-Elektronik GmbH & Co. KG: Fahrerloses Transportfahrzeug „Palet-Jet“. Werbebroschüre. Wangen im Allgäu: 2011.
- [Sil-2007] Silber, A.: Schnittstellenmanagement im CRM-Prozess des Industriegütervertriebs. Modellbasierte Analyse und Gestaltung der Verbesserungspotenziale. Dissertation. Technische Universität Darmstadt, Darmstadt: 2007.
- [Soc-2010] Sochaczewski, A.: Technologieinformation: Automatische LKW Be- und Entladesysteme. Wie automatische LKW-Verladung zur Optimierung der Logistikkette beitragen kann. White Paper. Boxtel, Niederlande: 2010.
- [Son-2013] Sondermann, J. P.: Poka Yoke. München: Hanser, 2013.
- [SSI-2014] SSI SCHÄFER: Kollidurchlaufregale. Lagertechnik mit System für Kommissionierung und Materialbereitstellung. Werbebroschüre. Neunkirchen/ Siegerland: 2014.
- [Sta-2006] Staud, J.: Geschäftsprozessanalyse. Ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für betriebswirtschaftliche Standardsoftware. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006.

- [Sta-2009] Stark, R.; Stöckert, H.: Interface Errors – An issue in complex virtual product creation. In: Norell Bergendahl, M.; Grimheden, M.; Leifer, L.; Skogstad, P.; Lindemann, U. (Hrsg.): Design education and lifelong learning. Volume 10. Tagungsband. ICED'09 – The 17th International Conference on Engineering Design, Stanford University, Stanford, California, USA, 24.–27. August 2009, S. 465–476.
- [Ste-2012] Steinhilper, W.; Sauer, B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 2. Grundlagen von Maschinenelementen für Antriebsaufgaben. 7. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 2012.
- [STI-2013] STILL GmbH: liftrunner® Technische Daten. Routenzuganhänger und Trolleys. Datenblatt. Hamburg: 2013.
- [Stö-2011] Stöckert, H.: Fehlervermeidung an Schnittstellen-Prozessen der verteilten Produktentwicklung. Dissertation. Technische Universität Berlin, Berlin: 2011.
- [Str-2007] Strauch, D.; Rehm, M.: Lexikon Buch - Bibliothek - Neue Medien. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. München: De Gruyter Saur, 2007.
- [Vah-2008] Vahrenkamp, R.: Produktionsmanagement. 6., überarbeitete Auflage. München: Oldenbourg, 2008.
- [VDA-2013] VDA – Verband der Automobilindustrie e. V.: Jahresbericht 2013. Berlin: 2013.
- [VDI-1994] VDI 3590, Blatt 1: Kommissioniersysteme – Grundlagen. VDI Verein Deutscher Ingenieure, Berlin: Beuth, 1994.
- [VDI-2012] VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik: Produktion und Logistik in Deutschland 2025. Trends, Tendenzen, Schlussfolgerungen. Düsseldorf: 2012.
- [Vol-2013] Volkswagen AG: Geschäftsbericht 2012. Vielfalt erfahren. Wolfsburg: 2013.
- [Wan-2010] Wannowetsch, R.: Schlanke Logistik, aber bitte mit Köpfchen. In: Logistik für Unternehmen, Nr. 6, 2010, S. 56–58.

- [Weh-2007] Wehking, K.-H.; Siepenkort, A.; Rahn, K.-P.: RFID – Systematische Versuche für den zuverlässigen Einsatz in der Logistik. In: Logistics Journal: Nicht referierte Veröffentlichungen, 2007, S. 1–18.
- [Wei-2006] Weiner, M.: Das 5-Tage-Auto. Montag bestellt, Freitag geliefert. In: Fraunhofer Magazin, Nr. 2, 2006, S. 56–58.
- [Wie-2013] Wiech, T.; Boppert, J.: Synchrone Logistik im BMW-Werk 2.1. In: Günthner, W. A.; Boppert, J. (Hrsg.): Lean Logistics. Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013, S. 271–279.
- [Wil-1997] Wildemann, H.: Logistik Prozessmanagement. München: TCW Transfer-Centrum, 1997.
- [Wil-2005] Wildemann, H.: Betreibermodelle: Ein Beitrag zur Steigerung der Flexibilität von Unternehmen? In: Kaluza, B.; Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität. Strategien und Konzepte für wandlungsfähige Unternehmen. Berlin: Erich Schmidt, 2005, S. 137–152.
- [Wil-2007] Wilhelm, R.: Prozessorganisation. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage. München: Oldenbourg, 2007.
- [Wim-2011] Wimmer, T.: Trends in der Logistik. In: Schenk, M.; Zadek, H.; Müller, G.; Richter, K.; Seidel, H. (Hrsg.): Sichere und nachhaltige Logistik. Tagungsband. 16. Magdeburger Logistiktage, Magdeburg, 29. Juni 2011–1. Juli 2011, S. 15–18.
- [Win-2012] Winterkorn, M.: Die Bedeutung der Marke in der Automobilindustrie und die Mehrmarkenstrategie des Volkswagen Konzerns. Vortrag. Seminar zum Wertschöpfungsmanagement, München: 16. Mai 2012.
- [Wom-1994] Womack, J. P.; Jones, D. T.; Roos, D.: Die zweite Revolution in der Autoindustrie. Konsequenzen aus der weltweiten Studie aus dem Massachusetts Institute of Technology. 8., durchgesehene Auflage. Frankfurt, New York: Campus, 1994.

- [Wom-2004] Womack, J. P.; Jones, D. T.: Lean Thinking. Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern. Frankfurt, New York: Campus, 2004.
- [Wör-2008] Wörn, A.: Technologische Gesichtspunkte der Wandlungsfähigkeit. In: Nyhuis, P.; Reinhart, G.; Abele, E. (Hrsg.): Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten. Garbsen: PZH, 2008, S. 74–78.
- [Wu-2003] Wu, Y.-C. J.: Lean manufacturing: a perspective of lean suppliers. In: International Journal of Operations & Production Management, Jg. 23, Nr. 11, 2003, S. 1349–1376.
- [Yag-2007] Yagyu, S.: Das synchrone Managementsystem. Wegweiser zur Neugestaltung der Produktion auf Grundlage des synchronen Produktionssystems. Landsberg am Lech: moderne industrie, 2007.
- [Zim-1992] Zimmermann, H. H.; Luckhardt, H.-D.; Schulz, A.: Mensch und Maschine – Informationelle Schnittstellen der Kommunikation. Tagungsband. 3. Internationales Symposium für Informationswissenschaft (ISI '92), Saarbrücken, 5.–7. November 1992.
- [Zob-2011] Zobel, A.: Und täglich lauert die Rampe. In: DVZ – Deutsche Verkehrs-Zeitung, 10. Mai 2011, S. 42.

## Verzeichnis betreuter Studienarbeiten

Im Zuge dieser Dissertation wurden verschiedene Studienarbeiten unter der wissenschaftlichen und inhaltlichen Anleitung des Autors im Bereich der schlanken Logistik erarbeitet, aus denen teilweise Inhalte für die vorliegende Forschungsarbeit entstanden sind. Diese sind im Folgenden aufgelistet. Bei einer direkten Bezugnahme auf eine der Studienarbeiten wird im laufenden Text hierauf entsprechend verwiesen. Mein Dank gilt allen Studenten für Ihre erbrachten Leistungen.

- [fml-2010a] Gangkofner, A.: Entwicklung von technischen Konzepten zur Realisierung schlanker Wareneingangs- und Warenausgangsprozesse. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Juli 2010.
- [fml-2010b] Micheli, R.: Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung intralogistischer Fördermittel nach Lean-Aspekten. Masterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: September 2010.
- [fml-2010c] Meindl, F.: Entwicklung eines Audits für Produktionsprozesse nach Lean Production. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: November 2010.
- [fml-2010d] Okroy, M.: Entwicklung eines flexiblen und ergonomischen Setbehälters zur Unterstützung einer schlanken Versorgungsprozesskette. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Dezember 2010.
- [fml-2011a] Drexl, L.: Analyse, Bewertung und Optimierung eines Fahrzeugflusses nach stabiler Auftragsreihenfolge im Rahmen einer Werksneuplanung der AUDI AG. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: März 2011.

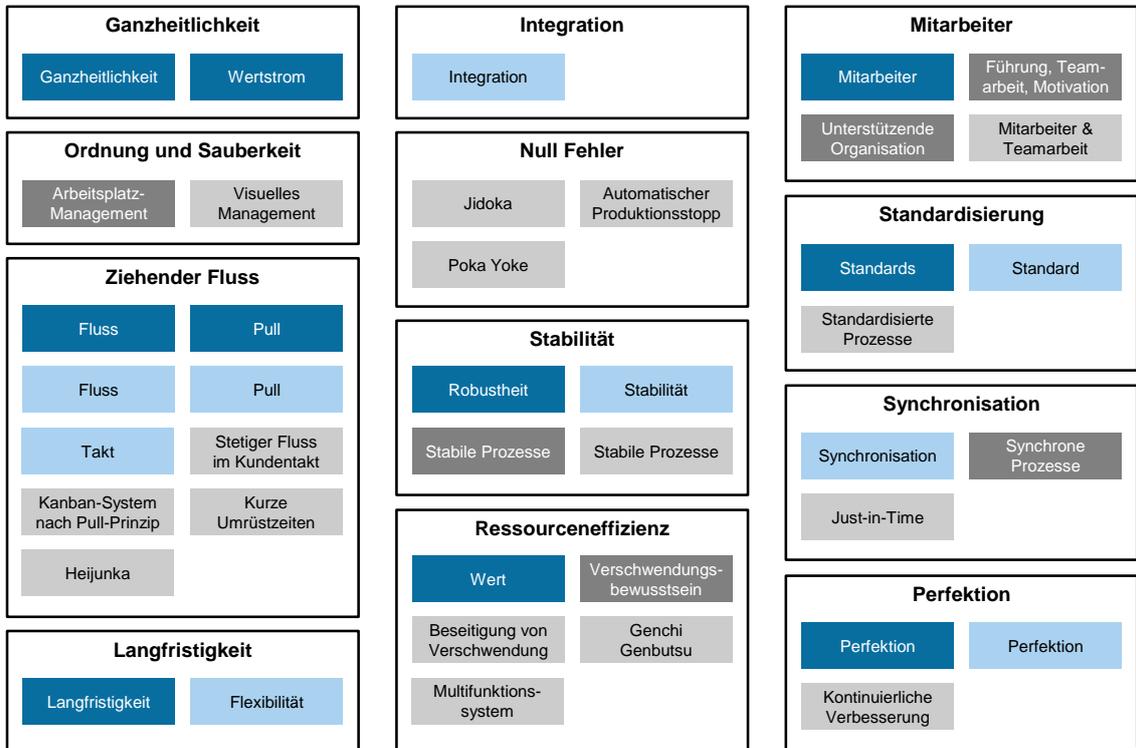
- [fml-2011b] Neuhofer, C.: Entwicklung eines Auswahlverfahrens für Anlieferkonzepte und Anwendung auf die „Erweiterte Individualisierung Cayenne“ bei der Porsche AG. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Juli 2011.
- [fml-2011c] Ernst, M.: Konzeption einer schlanken Auftragssteuerung für eine Variantenfließfertigung von Nutzfahrzeugsitzen an einem neuen Standort der KEIPER GmbH & Co. KG. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Juli 2011.
- [fml-2011d] Steinecker, C.: Konzeptionelle Anwendung von Lean-Prinzipien auf die Versorgungssteuerung einer automobilen Lieferkette. Bachelorarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: September 2011.
- [fml-2011e] Meindl, F.: Konzeption einer ausgewählten Maßnahme der Produktionslogistik zur Realisierung einer stabilen Auftragsreihenfolge im Rahmen einer Werksneuplanung der AUDI AG. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Oktober 2011.
- [fml-2011f] Goßmann, C.: Analyse, Bewertung und Optimierung von technischen Schnittstellen entlang einer Logistikprozesskette der Schenker Deutschland AG. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Oktober 2011.
- [fml-2012a] Frost, M.: Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Bewertung von Kommissioniersystemen nach Lean-Kriterien. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Februar 2012.
- [fml-2012b] Staab, T.: Erstellung eines modularen Simulationsmodells zur Unterstützung einer schlanken Logistik-Prozessgestaltung. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: April 2012.

- [fml-2012c] Grad, F.: Konzeption eines generischen Materialflusssystems am Beispiel des Karosseriebaus der BMW Group. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: April 2012.
- [fml-2012d] Krempl, K.: Vorgehensmodell zur Implementierung von Maßnahmen der Produktionslogistik zur Realisierung einer stabilen Produktion und Auftragsreihenfolge in einem Automobilwerk. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Oktober 2012.
- [fml-2012e] Rester, N.: Kapazitätserweiterung und Analyse der Prozessschnittstellen im Paint Shop der BMW Brilliance Automotive Ltd. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: November 2012.
- [fml-2013a] Lex, M.: Analyse softwaregestützter dynamischer und statischer Abbildungsmethoden für die strategische und operative Logistik in den Bereichen Planung und Betrieb. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Juli 2013.
- [fml-2013b] Thoma, Y.: Ableitung von Prinzipien zur Gestaltung schlanker logistischer Prozessschnittstellen sowie Anwendung anhand von Praxisbeispielen. Semesterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: September 2013.
- [fml-2013c] Nissen, F.: Einfluss einer einlinigen Fertigungsstruktur auf die Stabilität der Auftragsreihenfolge im Automobilbau. Diplomarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Oktober 2013.
- [fml-2013d] Kaufmann, T.: Entwicklung eines Konzeptes zur Realisierung der stabilen Produktion und Auftragsreihenfolge im Rahmen des Serienanlaufs in einem Automobilwerk. Masterarbeit. Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München: Oktober 2013.



# Anhang A

## Entwicklung der zwölf Prinzipien eines schlanken Schnittstellenprozesses

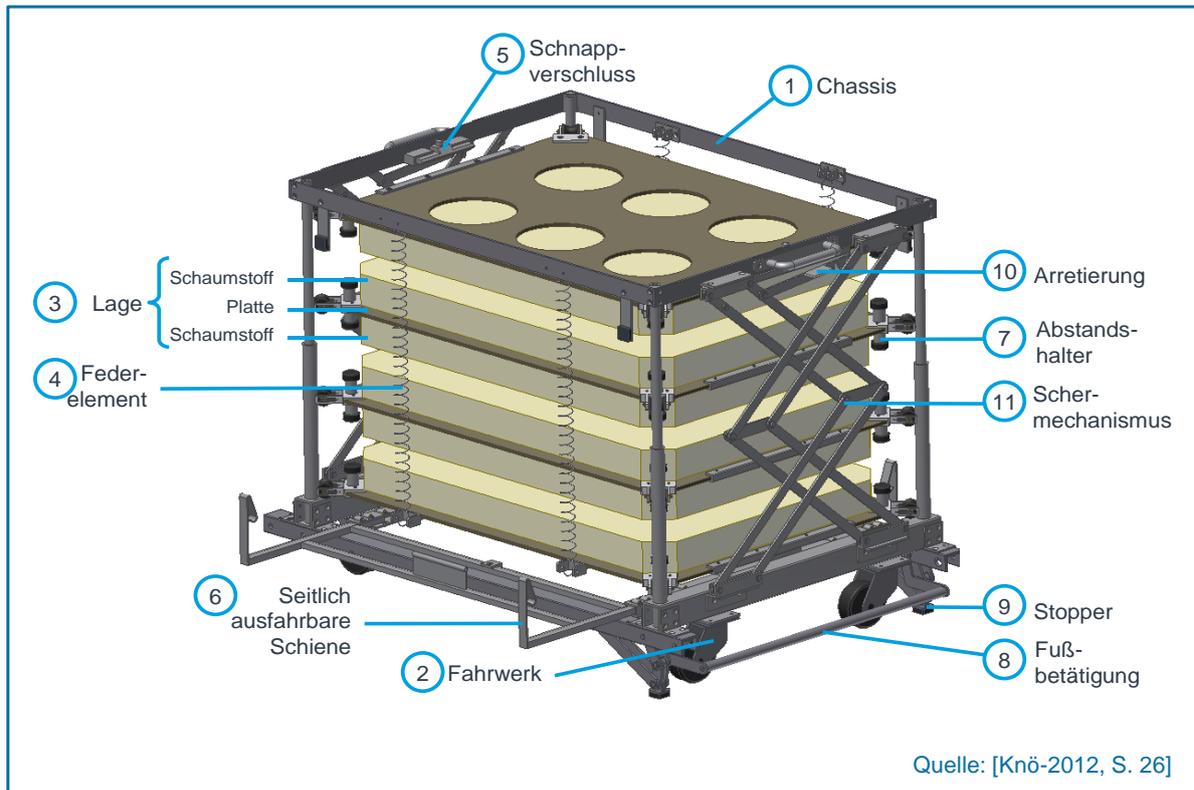


Prinzipien nach LEAN:log
  Prinzipien nach Klug
  Prinzipien nach Huppertz Lean Logistics System
  Prinzipien nach Toyota-Produktionssystem



## Anhang B

### Konstruktionsskizze eines durchgängigen Behälterkonzepts





# Anhang C

## Datenblatt zur Wareneingangsschleife B

Allgemeine Angaben			
Unternehmen:	Lieferant X → OEM Y	Standort:	München → Ingolstadt
Betrachtungszeitraum:	01.04.2014	bis	30.04.2014
Ersteller:	Max Mustermann	Firma:	Consulting AG
		Abteilung:	Lean – Automotive

Angaben zur betrachteten Optimierungsschleife			
▪ Bezeichnung:	Wareneingangsschleife B		
▪ Beschreibung:	Abschnitt von der Lkw-Ankunft bis zur Lager-Bereitstellung beim OEM Y		
▪ Anzahl enthaltener Schnittstellen (W):			
	9	$P_8 - P_{16}$	 Schnittstellenquote = $\frac{W}{X} = 136\%$
	7	$I_{11} - I_{17}$	
	3	$M_5 - M_7$	
$\Sigma$	19		
▪ Anzahl enthaltener Logistikfunktionen (X):	14		

## Datenblatt zur Lagerschleife C

Allgemeine Angaben			
Unternehmen:	Lieferant X → OEM Y	Standort:	München → Ingolstadt
Betrachtungszeitraum:	01.04.2014	bis	30.04.2014
Ersteller:	Max Mustermann	Firma:	Consulting AG
		Abteilung:	Lean – Automotive

Angaben zur betrachteten Optimierungsschleife			
▪ Bezeichnung:	Lagerschleife C		
▪ Beschreibung:	Abschnitt von der Einlagerung bis zur Auslagerung beim OEM Y		
▪ Anzahl enthaltener Schnittstellen (W):			
		4	P <sub>17</sub> – P <sub>20</sub>
		7	I <sub>18</sub> – I <sub>24</sub>
		2	M <sub>8</sub> – M <sub>9</sub>
	$\Sigma$	13	
			 $\text{Schnittstellenquote} = \frac{W}{X} = 163 \%$
▪ Anzahl enthaltener Logistikfunktionen (X):	8		

## Datenblatt zur Versorgungsschleife D

Allgemeine Angaben			
Unternehmen:	Lieferant X → OEM Y	Standort:	München → Ingolstadt
Betrachtungszeitraum:	01.04.2014	bis	30.04.2014
Ersteller:	Max Mustermann	Firma:	Consulting AG
		Abteilung:	Lean – Automotive

Angaben zur betrachteten Optimierungsschleife			
▪ Bezeichnung:	Versorgungsschleife D		
▪ Beschreibung:	Abschnitt von der Routenzug-Beladung bis zur Linienbereitstellung beim OEM Y		
▪ Anzahl enthaltener Schnittstellen (W):			
		4	P <sub>21</sub> – P <sub>24</sub>
		4	I <sub>25</sub> – I <sub>28</sub>
		1	M <sub>10</sub>
	$\Sigma$	9	
			 $\text{Schnittstellenquote} = \frac{W}{X} = 150 \%$
▪ Anzahl enthaltener Logistikfunktionen (X):	6		

## Datenblatt zur Montageschleife E

### Allgemeine Angaben

Unternehmen: Lieferant X → OEM Y      Standort: München → Ingolstadt  
 Betrachtungszeitraum: 01.04.2014      bis      30.04.2014  
 Ersteller: Max Mustermann      Firma: Consulting AG      Abteilung: Lean – Automotive

### Angaben zur betrachteten Optimierungsschleife

- Bezeichnung: Montageschleife E
- Beschreibung: Abschnitt der Bauteilentnahme an der Linie beim OEM Y
- Anzahl enthaltener Schnittstellen (W):

	1	P <sub>25</sub>
	3	I <sub>29</sub> – I <sub>31</sub>
	1	M <sub>11</sub>
$\Sigma$	5	

$$\text{Schnittstellenquote} = \frac{W}{X} = 167 \%$$

- Anzahl enthaltener Logistikfunktionen (X): 3



# Anhang D

## Bewertungsmatrix für die informationelle Schnittstelle I<sub>17</sub>

I <sub>17</sub>	Nr.	Bewertungskriterium	Beschreibung	Verschwendungspotentiale	Ist-Zustand			Gewichtung	Gewichtete Bewertung
					Qualitative Bewertung gut	mittel	schlecht		
Mitarbeiter	1	Arbeitsicherheit	Keine Unfallgefahr, da Druckvorgang nicht in unmittelbarer Nähe zum Mitarbeiter	---	0			0,048	0
	2	Ergonomie	Unwesentlich, da automatisierter Vorgang	---	0			0,048	0
	3	Zusammenarbeit im Team	Siehe Punkt 2	---	0			0,048	0
Ordnung und Sauberkeit	4	Ordnung am Arbeitsplatz	Aufgeräumter Zustand am Drucker-Arbeitsplatz	---	0			0,048	0
	5	Visualisierungen	Nicht vorhanden	Keine definierte Nachschubgrenze für Reserve-Etiketten ► Gefahr eines Papierengpasses		1		0,048	0,048
Null Fehler	6	Fehlerwahrscheinlichkeit	Teilweise Etikettenausdrucke unvollständig, da Informationen abgeschnitten wurden ► Entstehen eines Fehldrucks	Keine korrekte Einlage der Etiketten		1		0,048	0,048
Standardisierung	7	Standardisierungsgrad unter den Informationsträgern/ Personen	Unterschiedliche Techniken zur Informationsspeicherung/-verarbeitung • Informationsträger 1: Drucker (Daten in elektronischer Form) • Informationsträger 2: Etikett (Daten auf Papier)	Medienbruch von IT auf Papier ► Hohe Gefahr von Informationsverlusten			2	0,048	0,096
	8	Standardisierungsgrad der Datenformate	Unwesentlich, da keine elektronische Datenübertragung	---	0			0,048	0
	9	Standardisierungsgrad der Abläufe	Druckablauf immer gleich, da automatisierter Vorgang	---	0			0,048	0
Ziehender Fluss	10	Flussgrad	Keine Flussunterbrechungen ► Unmittelbares systemseitiges Anstoßen des Druckvorganges nach Einbuchung des KLT in ERP-System	---	0			0,048	0
Stabilität	11	Technische Ressourcenverfügbarkeit	Keine optimale Verfügbarkeit des Druckers ► Bei letztem Ausfall: Halterung für Toner defekt	Veraltetes Equipment			2	0,048	0,096
	12	Störungsanfälligkeit des Informationsweges	Störungsfreie Informationsübertragung	---	0			0,048	0
Synchronisation	13	Organisatorische Ressourcenverfügbarkeit	• Permanente Verfügbarkeit des Druckers ► Ausschließliche Verwendung zum Erzeugen der Lagerbelege • Gelegentlicher Etikettenmangel	Etikettennachschub erst, sobald Vorräte im Drucker komplett aufgebraucht sind		1		0,048	0,048
	14	Abstimmung der Informationsträger/ Personen untereinander	Regelmäßige Papierstaus	• Etikettenstärke ungeeignet für verwendeten Drucker • Keine Wartung der Drucker (z. B. zur Beseitigung von Fremdkörpern)			2	0,048	0,096
	15	Abstimmung zwischen Informationsträgern/ Personen und transferierter Information	Häufig Etikettenausdrucke in schlechter Qualität aufgrund verschmierter Schrift	Zu glatte Oberfläche bei den Etiketten			2	0,048	0,096
Ressourceneffizienz	16	Durchlaufzeit	Variabler Zeitbedarf: 8-10 s • Papiereinzug (ggf. mehrfache Versuche) • Bedrucken des Papiers	Zeitverlust bei Papiereinzug wegen zu glatter Etiketten (siehe Punkt 15) und verschlissener Gummwalzen		1		0,048	0,048
	17	Personalbedarf	Kein Personal erforderlich	---	0			0,048	0
	18	Flächenbedarf	Abstellfläche für Drucker ► 0,25 m <sup>2</sup>	---	0			0,048	0
	19	Bedarf an Informationsträgern	• 1 Drucker • Mindestens 270 Etiketten pro Tag	Hoher Papierverbrauch			2	0,048	0,096
Langfristigkeit	20	Technische Flexibilität	• Problemlose Erweiterbarkeit des Druckvolumens, da Grenzkapazität des Druckers noch nicht erreicht • Problemlose Anpassung bei Änderungen an Etikettengröße und -art • Aber: Keine Erweiterung oder Änderung der Informationen auf Etikett möglich	Keine Wiederverwendbarkeit der Etiketten		1		0,048	0,048
	21	Organisatorische Flexibilität	Ausführung des Druckvorganges • ortsgebunden (Kabelverbindung zu Rechner und Stromanschluss erforderlich) ► Verlagerung nur sehr bedingt möglich	Keine WLAN-Verbindung zwischen Rechner und Drucker zur Vergrößerung des Verlagerungskreises		1		0,048	0,048
					Kritikalität	Σ	1,008	0,768	
Quantität	22	Schnittstellenprozesse je Los (Y)		108 Druckvorgänge pro Lkw-Ladung					Auftrittshäufigkeit = Y x Z = 216
	23	Lose je Zeitintervall (Z)		2 Lkw-Ladungen pro Tag					

# Bewertungsmatrix für die informationelle Schnittstelle I<sub>31</sub>

I <sub>31</sub>	Nr.	Bewertungskriterium	Beschreibung	Verschwendungspotentiale	Ist-Zustand			Gewichtung	Gewichtete Bewertung
					Qualitative Bewertung	gut	mittel		
Mitarbeiter	1	Arbeitssicherheit	Geringe Unfallgefahr durch klare Trennung zwischen Produktions- und Logistikflächen	---	0			0,048	0
	2	Ergonomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Witterungsgeschützter Arbeitsplatz ✓</li> <li>• Günstige Körperhaltung ✓</li> <li>• Lärmpegel &lt; 80 dB(A) ✓</li> <li>• Ganzkörper-Vibrationen &lt; 0,5 m/s<sup>2</sup> ✓</li> <li>• Beleuchtung &gt; 500 lx ✓</li> </ul>	---	0			0,048	0
	3	Zusammenarbeit im Team	Gute Unterstützung ► Teileidentifikation durch Kollegen bei Zeitdruck	---	0			0,048	0
Ordnung und Sauberkeit	4	Ordnung am Arbeitsplatz	Definierte Plätze für Werkzeuge und sonstiges Equipment	---	0			0,048	0
	5	Visualisierungen	Fächerbeschriftungen vorhanden ► 9-stellige Teilenummer je Fach	Lange Ziffernfolge ► Aufwändige und komplizierte Teileidentifikation			2	0,048	0,096
Null Fehler	6	Fehlerwahrscheinlichkeit	Große Gefahr der Verwechslung von Teilenummern	Ähnlichkeit der Teilenummern			2	0,048	0,096
Standardisierung	7	Standardisierungsgrad unter den Informationsträgern/ Personen	Unterschiedliche Techniken zur Informationsspeicherung/ -verarbeitung • Informationsträger: Beschriftungsetikett (Daten auf Papier) • Person: Montagemitarbeiter (Daten im menschlichen Gehirn)	Medienbruch von Papier auf menschliches Gehirn ► Gefahr von Informationsverlusten		1		0,048	0,048
	8	Standardisierungsgrad der Datenformate	Unwesentlich, da keine elektronische Datenübertragung	---	0			0,048	0
	9	Standardisierungsgrad der Abläufe	Existierende Arbeitsanweisung zur Durchführung des Identifikationsprozesses	• Arbeitsanweisung nicht mehr aktuell • Kein striktes Befolgen der Anweisung			1	0,048	0,048
Ziehender Fluss	10	Flussgrad	Keine Flussunterbrechungen ► Kontinuierliche Teileidentifikation im Takt	---	0			0,048	0
Stabilität	11	Technische Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahr des Ablösens der Beschriftungsetiketten von Regal</li> <li>• Teilweise Beschädigungen und Verschmutzungen am Beschriftungsetikett</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Haftkraft der Etiketten</li> <li>• Ungenügender Etikettenschutz</li> </ul>			2	0,048	0,096
	12	Störungsanfälligkeit des Informationsweges	Keine Hindernisse im Blickfeld zwischen Mitarbeiter und Beschriftungsetikett	---	0			0,048	0
Synchronisation	13	Organisatorische Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanente Personalverfügbarkeit aufgrund Taktgebundenheit des Mitarbeiters</li> <li>• Permanente Verfügbarkeit des Beschriftungsetiketts und der Bewegungsfläche für Mitarbeiter durch fixe Reservierung</li> </ul>	---	0			0,048	0
	14	Abstimmung der Informationsträger/ Personen untereinander	Gute Zugänglichkeit zu Beschriftungsetiketten	---	0			0,048	0
	15	Abstimmung zwischen Informationsträgern/ Personen und transferierter Information	Erschwertes Ablesen der Teilenummer	Zu kleine Schriftgröße			2	0,048	0,096
Ressourceneffizienz	16	Durchlaufzeit	Variabler Zeitbedarf: 2-6 s Identifizieren der relevanten Teilenummer (Ablesen von Teilenummern solange, bis die korrekte Nummer identifiziert wurde)	Zeitverlust durch Suchaufwand und lange Abgleichzeiten ► siehe Punkt 5			2	0,048	0,096
	17	Personalbedarf	1 Mitarbeiter	---	0			0,048	0
	18	Flächenbedarf	Bewegungsfläche für Mitarbeiter ► 0,8 m Gangbreite zwischen Bereitstellregal und Fahrzeug	---	0			0,048	0
Langfristigkeit	19	Bedarf an Informationsträgern	Beschriftungsetiketten am Bereitstellregal	---	0			0,048	0
	20	Technische Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Erweiterbarkeit durch Ankleben weiterer Etiketten an Bereitstellregal</li> <li>• Aufwändige Anpassung bei Änderungen an der transferierten Information (neues Etikett erforderlich)</li> </ul>	Keine Wiederverwendbarkeit der Etiketten		1		0,048	0,048
	21	Organisatorische Flexibilität	Ausführung des Identifikationsprozesses • ortsgebunden (technischer Fixpunkt durch angeklebtes Etikett) • nicht personengebunden (einfache Tätigkeit)	Kein Ablösen und Neufixieren der Etiketten möglich			1	0,048	0,048
					Kritikalität	Σ	1,008	0,672	
Quantität	22	Schnittstellenprozesse je Los (Y)		1 Identifikationsprozess pro Fahrzeug					Auftrittshäufigkeit = Y x Z = 850
	23	Lose je Zeitintervall (Z)		850 Fahrzeuge pro Tag					

# Bewertungsmatrix für die physische Schnittstelle P<sub>25</sub>

P <sub>25</sub>	Nr.	Bewertungskriterium	Beschreibung	Verschwendungspotentiale	Ist-Zustand			Gewichtung	Gewichtete Bewertung
					Qualitative Bewertung gut	mittel	schlecht		
Mitarbeiter	1	Arbeitsicherheit	Geringe Unfallgefahr durch klare Trennung zwischen Produktions- und Logistikflächen	---	0			0,05	0
	2	Ergonomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Witterungsgeschützter Arbeitsplatz ✓</li> <li>• Günstige Körperhaltung ✓</li> <li>• Hublasten &lt; 10 kg ✓</li> <li>• Lärmpegel &lt; 80 dB(A) ✓</li> <li>• Hand-Arm-Vibrationen &lt; 2,5 m/s<sup>2</sup> ✓</li> <li>• Beleuchtung &gt; 500 lx ✓</li> </ul>	---	0			0,05	0
	3	Zusammenarbeit im Team	Gute Unterstützung ► Teileentnahme durch Kollegen bei Zeitdruck	---	0			0,05	0
Ordnung und Sauberkeit	4	Ordnung am Arbeitsplatz	Definierte Plätze für Werkzeuge und sonstiges Equipment	---	0			0,05	0
	5	Visualisierungen	Fächerbeschriftungen vorhanden	Keine eindeutige Fächerzuordnung ► Oftmals unklar, ob Beschriftung für oberes oder unteres Fach gültig			2	0,05	0,1
Null Fehler	6	Fehlerwahrscheinlichkeit	Große Gefahr von Teileverwechslungen bei der Entnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechte Visualisierungsform ► siehe Punkt 5</li> <li>• Keine Entnahmekontrolle</li> </ul>			2	0,05	0,1
Standardisierung	7	Standardisierungsgrad unter den Arbeitsmitteln/ Personen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiedliche Techniken zur Güteraufnahme/-beförderung</li> <li>• Arbeitsmittel: Pufferplatz</li> <li>• Person: Montagemitarbeiter</li> </ul>	---	0			0,05	0
	8	Standardisierungsgrad der Arbeitshöhen	Anordnung der Bereitstellflächen im unmittelbaren Greifraum des Mitarbeiters ► Ergonomische Greifhöhen	---	0			0,05	0
	9	Standardisierungsgrad der Abläufe	Existierende Arbeitsanweisung zur Durchführung des Entnahmeprozesses	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsanweisung nicht mehr aktuell</li> <li>• Kein striktes Befolgen der Anweisung</li> </ul>		1		0,05	0,05
Ziehender Fluss	10	Flussgrad	Keine Flussunterbrechungen ► Kontinuierliche Teileentnahme im Takt	---	0			0,05	0
Stabilität	11	Technische Ressourcenverfügbarkeit	Teilweises Feststecken des KLT in Bereitstellregal aufgrund blockierter Rollen ► Unmittelbare Entnahme nicht möglich	Keine regelmäßige Wartung der Rollenbahnen		1		0,05	0,05
Synchronisation	12	Organisatorische Ressourcenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanente Personalverfügbarkeit aufgrund Taktgebundenheit des Mitarbeiters</li> <li>• Permanente Verfügbarkeit des Pufferplatzes, des Bereitstellregals und der Bewegungsfläche für Mitarbeiter durch fixe Reservierung</li> </ul>	---	0			0,05	0
	13	Abstimmung der Arbeitsmittel/ Personen untereinander	Gute Zugänglichkeit zu Lenkrad in KLT durch nach vorne abknickendes Bereitstellregal ► Leichte Entnahme	---	0			0,05	0
	14	Abstimmung zwischen Arbeitsmitteln/ Personen und transferiertem Gut	Erschwertes Herausziehen des ersten Lenkrades eines vollen KLT, da jenes oftmals zu fest sitzt	Zu hohe Packungsdichte bzw. KLT etwas zu klein		1		0,05	0,05
Ressourceneffizienz	15	Durchlaufzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variabler Zeitbedarf: 2-4 s</li> <li>• Bewegungen der Arme zum Lenkrad</li> <li>• Greifen des Lenkrades</li> <li>• Ggf. Lockern des Lenkrades bei zu festem Sitz durch Rüttelbewegungen</li> <li>• Herausziehen des Lenkrades aus KLT</li> </ul>	Zeitverlust bei klemmendem Lenkrad ► siehe Punkt 14		1		0,05	0,05
	16	Personalbedarf	1 Mitarbeiter	---	0			0,05	0
	17	Flächenbedarf	Bewegungsfläche für Mitarbeiter ► 0,8 m Gangbreite zwischen Bereitstellregal und Fahrzeug	---	0			0,05	0
Langfristigkeit	18	Bedarf an Arbeitsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Pufferplatz</li> <li>• 1 Bereitstellregal mit Rollenbahnen</li> </ul>	---	0			0,05	0
	19	Technische Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Erweiterbarkeit durch Einfügen einer zusätzlichen Greifebene im Regal</li> <li>• Einfache Anpassung bei Änderungen am transferierten Gut (manueller Entnahmeprozess, Anpassung von Fächerbreiten und -höhen möglich)</li> </ul>	---	0			0,05	0
	20	Organisatorische Flexibilität	Ausführung des Entnahmeprozesses <ul style="list-style-type: none"> <li>• ortsunabhängig (keine technischen Fixpunkte) ► Verlagerung möglich</li> <li>• nicht personenengebunden (einfache Tätigkeit)</li> </ul>	---	0			0,05	0

Kritikalität      Σ      1      0,4

Quantität      21 | Schnittstellenprozesse je Los (Y)      1 Entnahmeprozess pro Fahrzeug  
 22 | Lose je Zeitintervall (Z)      850 Fahrzeuge pro Tag      ►      Auftrittshäufigkeit = Y x Z = 850