

Silke Hartleif

»Gestaltung einer schlanken Informations-
logistik im komplexen Produktionsumfeld«



Silke Maria Hartleif

»Gestaltung einer schlanken Informationslogistik im komplexen Produktionsumfeld«

Herausgeber

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl^{1,2}

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Alexander Sauer^{1,3}

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kai Peter Birke⁴

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Marco Huber^{1,2}

¹Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart

²Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart

³Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) der Universität Stuttgart

⁴Institut für Photovoltaik (*ipv*) der Universität Stuttgart

Kontaktadresse:

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Nobelstr. 12
70569 Stuttgart
Telefon 0711 970-1101
info@ipa.fraunhofer.de
www.ipa.fraunhofer.de

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.de> abrufbar.

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2022

D 93

2022

Druck und Weiterverarbeitung:

Fraunhofer Verlag, Mediendiensteleistungen, Stuttgart, 2022
Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.



Dieses Werk steht, soweit nicht gesondert gekennzeichnet, unter folgender Creative-Commons-Lizenz:
Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen
International 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Gestaltung einer schlanken Informationslogistik im komplexen Produktionsumfeld

**Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
(Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung**

Vorgelegt von

Silke Maria Hartleif

aus Dieburg

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

Mitberichter: Prof. Dr.-Oec. Michael Henke

Tag der mündlichen Prüfung: 03.06.2022

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF)
der Universität Stuttgart

2022

Vorwort des Autors

Die Forschungsarbeit zur Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme entstand während meiner Tätigkeit am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Sie hat mich sieben spannende und herausfordernde Jahre begleitet und meine heutige Sichtweise auf produktionstechnische aber auch weltanschauliche Themen geprägt. Wie viele Andere meiner Generation auch, beschäftigte mich die Frage nach einem nachhaltigen und sozial verträglichen Umgang mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen bereits lange vor meinem Start ins Berufsleben. Für den kleinen Bereich der Produktion stellt die Lean Production aus meiner Sicht einen Denk- und Lösungsansatz dar, mit dem dieser Fragestellung begegnet werden kann. Sie stellt das Wesentliche einer Produktion, die Wertschöpfung, in den Mittelpunkt ihrer Betrachtung und bleibt dabei humanzentriert. Gute Gründe also, sich näher mit der Lean Production zu beschäftigen, ihre Ursprünge zu ergründen und den Versuch zu starten ihre Philosophie auf andere Bereiche des Lebens zu übertragen. Das konkrete Thema der Arbeit entwickelte sich im Laufe verschiedener Industrieprojekte, in denen die auf der Lean Production basierende Wertstrommethode angewendet wurde. Hinzu kam der alltägliche Ärger über volllaufende E-Mail-Postfächer, veraltete Protokolle und schlecht gestaltete IT-Systeme, der mich motivierte über „das Wesentliche“ in der Informationsversorgung nachzudenken.

Zu Beginn meiner Promotion hatte ich den Unterschied zwischen wertschöpfenden Tätigkeiten, Verschwendung und notwendiger Verschwendung im Kontext der Produktion verstanden. Über eine entsprechende Kategorisierung aller Tätigkeiten bei der Erstellung einer Dissertation hatte ich zu diesem Zeitpunkt noch nicht nachgedacht. Aus heutiger Sicht lässt sich jedoch festhalten, dass die vielen Iterationen bei der Ausarbeitung der Lösung keinesfalls als Verschwendung zu werten sind, sondern aufwendige Nacharbeit verhinderten. Auch die vermeintlich unnötigen Ruhezeiten der Arbeit führten letztendlich zur Produktreife und Zweifel sowie ernüchterndes Feedback bei Fehlleistungen steigerten die Qualität meines Produkts. Bedanken möchte ich mich daher bei all jenen, die Iterationen anstießen, Ruhezeiten einforderten und Feedback gaben.

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF der Universität Stuttgart danke ich für die Möglichkeit zur Promotion in einem gleichermaßen spannenden wie auch herausforderndem Umfeld. Herrn Prof. Dr.-Oec. Michael Henke, Leiter des Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML danke ich für die Übernahme des Mitberichts. Meinem fachlichen Betreuer Herrn Dr.-phil. Klaus Erlach danke ich für die kritischen und konstruktiven Impulse zu allen Bereichen meiner Arbeit. Die häufig im ersten Moment verwirrenden Diskussionen über Terminologien und Argumentationsketten haben mich, um Herrn Dr. Erlach im

Rahmen dieser Arbeit ein letztes Mal zu zitieren, „zu lästiger Klarheit in der Formulierung und Strukturierung genötigt“ (Erlach 2010, S. X).

Insbesondere in den ersten Jahren meiner Promotion wurde die Motivation zur Fortsetzung dieses Vorhabens häufig auf eine harte Probe gestellt. In diesen Momenten halfen mir meine Kollegen mein Ziel nicht aus den Augen zu verlieren und meinen inhaltlichen Fokus neu zu finden. Meinem Kollegen und in vielerlei Hinsicht Mentor Eduardo Colangelo möchte dafür danken, dass er mir während der gesamten Zeit bei allen fachlichen Problemen und persönlichen Sorgen mit Herzlichkeit und Rat zur Seite stand.

Meinen Kolleginnen Petra Foith-Förster, Susann Kärcher, Lisa Günther und Anna Buss danke ich für ein vertrauensvolles Miteinander, ein offenes Ohr zu jeder Zeit und ein Umfeld, in dem gegenseitige Unterstützung eine Selbstverständlichkeit war. Weitere Kollegen am Institut prägten Inhalte und Form der Dissertation. Stellvertretend für viele andere möchte ich mich bei meiner Arbeitsgruppe für wertvolle Diskussionen und kritisches Feedback bedanken. Den Mitarbeitern der Bibliothek danke ich für ihr Engagement und die Verlässlichkeit, mit der meine Anfragen zu Literatur und Korrektur beantwortet wurden. Birgit Spaeth möchte ich für die sprachliche Durchsicht der Arbeit danken.

Während meine Kollegen und Betreuer sich für Iterationen und fachliches Feedback verantwortlich zeichneten, verdanke ich meiner Familie die Ruhezeiten und weitere Unterstützung in vielerlei Hinsicht. Meinen Eltern Helga Danz-Hartleif und Siegfried Hartleif danke ich für Ihre Anteilnahme an meiner Arbeit und ihre sanfte Begleitung, die es mir erlaubte meinen Weg gemeinsam mit ihnen zu reflektieren. Ihr Wissen und ihre Lebenserfahrung halfen mir in vielen Situationen die richtigen Entscheidungen zu treffen. Meinen Brüdern Kalle Hartleif und Thilo Hartleif danke ich dafür, dass sie mich dazu bringen über den Tellerrand meines Arbeitslebens hinaus zu schauen. Ein so entstehender Perspektivwechsel ermöglichte mir häufig einen Blick auf das Wesentliche. Meinem kleinen Sohn Levin Kolb danke ich dafür, dass ich ihm jeden Tag beim Staunen zusehen darf. Er zeigte mir insbesondere in der Zeit der Prüfungsvorbereitung wie viel Freude Lernen machen kann. Mein größter Dank gilt meinem Partner Johannes Kolb für seine Bereitschaft, sich in mein Thema einzuarbeiten und im Rahmen vieler gemeinsamer Korrekturschleifen am Wochenende fachliche Diskussionen zu führen. Außerdem danke ich ihm für sein Verständnis, seinen Rückhalt und die Freiräume, die er mir in den letzten Jahren gelassen und geschaffen hat.

Kirchheim unter Teck, im Juni 2022

Silke Maria Hartleif

Kurzzinhalt

Produktionsunternehmen sind mit einem zunehmend komplexer werdenden Umfeld konfrontiert, welches erhöhte Anforderungen an die Flexibilität und Wandlungsfähigkeit der Produktionssysteme stellt. Mit dem Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnik und der damit verbundenen Vernetzung technischer Systeme soll diesen Herausforderungen begegnet werden. Aufgrund dieser Entwicklungen steigt die Menge (digital) verfügbarer Informationen sowie die Anzahl der über Informationsflüsse miteinander vernetzten Elemente in Produktionssystemen. Dies lässt die Komplexität in betrieblichen Informationssystemen steigen und führt zu Verschwendung in der Informationsversorgung. Um dieser Problemstellung zu begegnen, wird in der vorliegenden Forschungsarbeit eine Methode zur Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme für Produktionsmitarbeiter vorgestellt. Diese sollen effektiv und effizient mit Informationen versorgt werden, sodass sie ihre Aufgaben richtig und schnell erfüllen können. Die Gestaltungsmethode soll außerdem die Zusammenarbeit von Informatik- und Betriebsingenieuren unterstützen. Um dieses Ziel zu erreichen, sieht der Lösungsansatz der Arbeit eine Gesamtlösung vor, die aus einer theoretischen, einer deskriptiven und einer pragmatischen Lösungskomponente besteht.

Im Rahmen der theoretischen Lösungskomponente werden zunächst Wertschöpfung und Verschwendung in der Informationsversorgung von Produktionsmitarbeitern voneinander abgegrenzt und Verschwendungsarten beschrieben. Darauf aufbauend wird eine Idealvorstellung für die zu gestaltenden schlanken Informationslogistiksysteme entwickelt, die in Form von fünf Gestaltungsprinzipien formuliert wird. Die deskriptive Lösungskomponente besteht aus einem Strukturmodell, in dem Systemelemente und Relationen der Informationslogistiksysteme generisch beschrieben werden. Die Elemente entsprechen informationslogistischen Prozessen, welche über Informationsflüsse miteinander verbunden sind. Die Prozesse werden anhand von Attributen beschrieben, mit denen die definierten Verschwendungsarten transparent gemacht werden. Die pragmatische Lösungskomponente umfasst die Gestaltungsmethode bestehend aus fünf Gestaltungsschritten. Sie basiert auf den Ergebnissen der theoretischen Lösungskomponente und verwendet die generischen Gestaltungsbausteine aus dem Strukturmodell der deskriptiven Lösungskomponente. Acht Gestaltungsrichtlinien geben bei den einzelnen Methodenschritten konkrete Handlungsanleitungen. Mit der Gesamtlösung können schlanke Informationslogistiksysteme gestaltet werden, sodass Produktionsmitarbeiter effektiv und effizient mit Informationen versorgt werden. Dies konnte in zwei Fallstudien gezeigt werden.

Short Summary

Production companies face an increasingly complex environment, presenting higher requirements regarding the flexibility and versatility of manufacturing systems. To overcome these challenges, modern information and communication technologies, as well as the resulting interconnection of systems are applied. As a result, the amount of (digitally) available information and the number of elements in production systems interconnected via information flows are increasing. This, in turn, increases the complexity in operational information systems, leading to waste in the information supply. To find a solution to this issue, this research work presents a method for designing lean information logistics systems for production employees. These employees should be provided with information effectively and efficiently in order to be able to perform their tasks in a correct and quick manner. The designed method is also intended to support the collaboration between engineers in the areas of IT and operations. To achieve these goals, the approach attempts to provide a comprehensive solution consisting of a theoretical, a descriptive, and a pragmatic solution component.

As part of the theoretical solution component it is necessary to differentiate between value creation and waste generation in the information supply and describe different types of waste. Building upon this, a target vision for lean information logistics systems is developed, which is presented in the form of five design principles. The descriptive solution component consists of a structural model, in which system elements and relations of the information logistics systems are generically described. The elements correspond to information logistic processes, which are interconnected via information flows. The processes are described by using attributes, which in turn provide transparency over the defined waste types. The pragmatic solution component comprises the design method consisting of five design steps. It is based on the results of the theoretical solution component (waste types and design principles) and uses the generic design components from the structural model of the descriptive solution component. Eight design guidelines provide concrete instructions for performing the individual method steps. With this comprehensive solution it is possible to design lean information logistics systems that allow production employees to be effectively and efficiently provided with information. This is shown towards the end of this work by means of two case studies.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	15
Abkürzungsverzeichnis	17
1 Einleitung	19
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung im Kontext der Digitalisierung . .	21
1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage	24
1.3 Wissenschaftstheoretische Positionierung der Arbeit	27
1.3.1 Der Lösungsansatz im Rahmen des Entdeckungszusammenhangs . .	29
1.3.2 Der Erkenntnisprozess im Rahmen des Begründungszusammenhangs	35
1.3.3 Die Relevanz der Forschungsarbeit im Verwendungszusammenhang	39
1.4 Struktur der Arbeit	40
2 Relevante Terminologien und theoretische Grundlagen	43
2.1 Grundlagen aus der Lean Production	43
2.1.1 Verschwendung in der Lean Production	45
2.1.2 Prinzipien der Lean Production	46
2.1.3 Wertstromdesign für die Gestaltung schlanker Produktionsprozesse	47
2.2 Terminologien und Theorien aus dem Informationsmanagement	49
2.2.1 Abgrenzung des Informationsbegriffs	50
2.2.2 Dimensionen der Informationsqualität	52
2.2.3 Informationsangebot, Informationsnachfrage und Informationsbedarf	53
2.2.4 Die Logistik der Information	55
2.2.5 Anforderungen an die Informationslogistik	57
2.3 Modellierung informationslogistischer Systeme	58
2.3.1 Der Systembegriff in der Systemwissenschaft	59
2.3.2 Modellierung von Informations- und Informationslogistiksystemen .	60
3 Reflexion verfügbarer Ansätze	63
3.1 Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang	64

3.2	Lean-Ansätze im Informationsmanagement	65
3.2.1	Verschwendung in Informationssystemen	66
3.2.2	Prinzipien schlanker Informationssysteme	68
3.2.3	Lean IT-Management	70
3.3	Modelle für die generische Beschreibung schlanker Informationslogistiksysteme	72
3.3.1	Beschreibung informationslogistischer Prozesse	73
3.3.2	Ansätze für die Informationsflusssteuerung und Referenzarchitekturen	76
3.4	Gestaltung schlanker Informationssysteme	78
3.4.1	Informationsbedarfsanalyse und Nutzerschnittstellengestaltung	78
3.4.2	Handlungsanleitungen für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme	80
3.5	Reflexion verfügbarer Ansätze und Anforderungen an die Lösung	81
4	Prinzipien für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme	89
4.1	Wertschöpfung und Verschwendung in Informationslogistiksystemen	89
4.1.1	Klassische Verschwendung beim Informationsnutzer	91
4.1.2	Verschwendung in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette	93
4.2	Einfluss der Informationsqualität auf Verschwendungsarten	96
4.3	Prinzipien für die Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems	97
5	Elemente und Relationen in einem schlanken Informationslogistiksystem	101
5.1	Modellierung der Systemgrenze	104
5.1.1	Modellierung des Informationsnutzers	105
5.1.2	Modellierung der Informationsressourcen	106
5.2	Modellierung der systeminternen Prozesse	108
5.2.1	Modellierung von Transformationen	108
5.2.2	Modellierung von Archiven	110
5.2.3	Modellierung von Schnittstellen	111
5.3	Modellierung der Relationen zwischen den Systemelementen	113
6	Methode zur Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems	117
6.1	Erfassung von Gestaltungsvorgaben	120
6.2	Erweiterte Informationsbedarfsanalyse	122
6.3	Gestaltung des Flusses der Betriebsinformationen	125

6.4	Gestaltung von Archiven und Informationsflusststeuerung	129
6.5	Ableitung eines technischen Lösungsraums	132
7	Evaluation der Lösung	137
7.1	Verifikation der deskriptiv-strukturellen Lösungskomponente	137
7.2	Validierung anhand ausgewählter Fallstudien	141
7.2.1	Kommissionierung von Materialrollen für die Rüstung von SMT- Anlagen	142
7.2.2	Qualitätssicherung bei der Herstellung einer Proteinlösung	158
7.3	Kritische Würdigung der Arbeit	168
8	Zusammenfassung und Ausblick	173
	Literatur	179
	Anhang	213

Abbildungsverzeichnis

1.1	Ausgangssituation und Problemstellung im Kontext der Digitalisierung . . .	20
1.2	Primat der Stabilität (IT) vs. volatile Anforderungen der Informationsnutzer	21
1.3	Lösungsansätze für das Dilemma unserer Wissensgesellschaft	22
1.4	Wissenschaftliche Ziele der Forschungsarbeit	25
1.5	Wissenschaftssystematische Positionierung	28
1.6	Lösungsansatz auf Basis zugrunde liegender Paradigmen und wissenschaftlicher Leittheorien	31
1.7	Lösungsansatz für Anwendungsziele	34
1.8	Erkenntnisprozess der Forschungsarbeit	37
1.9	Der Verwendungszusammenhang als Zweck-Ziel-Mittel-Beziehung	40
1.10	Struktur der Arbeit	41
2.1	Modell des Informationsmanagements	49
2.2	Die Wissenstreppe	51
2.3	15 Dimensionen der Informationsqualität	53
2.4	Informationsteilmengen	54
2.5	Die Informationslogistik im Haus der Wissenschaften	55
2.6	Anforderungen an die Informationslogistik	58
2.7	Systemkomplexität und -kompliziertheit	61
3.1	Theoretische Grundlagen und relevante Lösungsansätze im Überblick	63
3.2	Material- und informationslogistische Wertströme	70
3.3	Vergleich der Lean IT-Ansätze	71
3.4	Informationslogistische Elementarprozesse	74
4.1	Wertschöpfung und Verschwendung aufgrund der Informationsversorgung .	90
4.2	Verschwendung in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette .	91
4.3	Übersicht: Klassische und informationslogistische Verschwendungsarten in einem beispielhaften Informationslogistiksystem	92
4.4	Systeminterne informationslogistische Prozesse	94
4.5	Verschwendung in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette .	95
4.6	Lean-Prinzipien für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme .	98
4.7	Entkopplung von Informationsflüssen	100

5.1	Die generische Klasse Informationssenke	105
5.2	Die generische Klasse Informationsquelle	107
5.3	Die generische Klasse Transformation	109
5.4	Die generische Klasse Archiv	110
5.5	Archivieren und Löschen von Informationen in einem schlanken Informationslogistiksystem	111
5.6	Die generische Klasse Schnittstelle mit den Kindklassen Transport und Translation	112
5.7	Die generische Klasse Trigger	114
5.8	UML-Klassendiagramm: Generisches Modell informationslogistischer Prozesse	115
6.1	Gestaltungsebenen informationslogistischer Systeme	117
6.2	Zuordnung von Methodenschritten, Gestaltungsrichtlinien und Gestaltungszielen	119
6.3	Systematische Abfrage von Gestaltungsvorgaben	120
6.4	Fluss der Betriebsinformationen	125
6.5	Beispiel für einen instanziierten Transformationsprozess	126
6.6	Beispiel für eine instanziierte Ressource	127
6.7	Mögliche Gestaltungswidersprüche	129
6.8	Auflösung der Gestaltungswidersprüche	129
6.9	Beispiel für ein instanziiertes Archiv	130
6.10	Beispiel für einen instanziierten Trigger	131
6.11	Darstellung instanziierten Schnittstellen	134
6.12	Methode zur Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme	135
7.1	Notwendige Informationen zum Rüsten einer SMT-Bestückungsanlage	143
7.2	Umlauf einer Rolle auf dem Shopfloor und Suchaufwände pro Status	145
7.3	Informationsbedarf des Suchers	147
7.4	Schlankes Informationslogistiksystem für die Informationsversorgung des Suchers (1/2)	150
7.5	Schlankes Informationslogistiksystem für die Informationsversorgung des Suchers (2/2)	151
7.6	Wertstrom für die Herstellung einer Proteinlösung	159
7.7	Schlankes Informationslogistiksystem für die Informationsversorgung des Mitarbeiters am Quality Gate (1/2)	162
7.8	Schlankes Informationslogistiksystem für die Informationsversorgung des Mitarbeiters am Quality Gate (2/2)	163

A.1 Prozesse im IT-Management 219
A.2 Das Lean IT Haus 219
A.3 Kategorien informationslogistischer Prozesse 220
A.4 Leitsätze zur Vermeidung informationslogistischer Verschwendungsarten . . 222

Tabellenverzeichnis

2.1	Vergleich von materiellen Wirtschaftsgütern und Informationen	56
3.1	Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang	65
3.2	Bewertung verfügbarer Ansätze	84
5.1	Bewertung und Auswahl geeigneter Modellierungssprachen	102
5.2	Beispielhafte Darstellung des Attributs form	106
5.3	Relationen zwischen informationslogistischen Prozessen	113
7.1	Im Projekt vertretene Gehaltsgruppen	156
7.2	Aufwände für Projekt und Umsetzung	157
A.1	Übersicht: Verschwendung in der Informationsversorgung Teil 1	217
A.2	Übersicht: Verschwendung in der Informationsversorgung Teil 2	218
A.3	Anforderungen an die zu entwickelnde Lösung	224

Abkürzungsverzeichnis

ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
BPMN	Business Process Model and Notation
BWL	Betriebswirtschaftslehre
EDA	Event-Driven Architecture
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERP	Enterprise-Resource-Planning
GR	Gestaltungsrichtlinie
ICAM	Integrated Computer-Aided Manufacturing
IDEF	ICAM Definition
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IM	Informationsmanagement
IPA	Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
IQ	Informationsqualität
IS	Informationssystem
IT	Informationstechnik
KLT	Kleinladungsträger
LVS	Lagerverwaltungssystem
OMG	Object Management Group
PT	Personentage
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
SMT	surface mounted technology
SOA	Serviceorientierte Architektur
SysML	Systems Modeling Language
TPS	Toyota-Produktionssystem
UML	Unified Modeling Language

1 Einleitung

Produktionsunternehmen sind mit einem Umfeld konfrontiert, welches zunehmend komplexer wird (North 2016a, S. 1; Vogel-Heuser et al. 2017, S. 10). Das äußert sich beispielsweise in schwankenden Auftragsvolumina, kurzfristigen Aufträgen und zunehmend individuelleren Kundenwünschen (Reinhart et al. 2015, S. 78; we.CONECT 2018). Die Anforderungen an Lieferfähigkeit und Verfügbarkeit nehmen weiterhin zu (Vogel-Heuser et al. 2017, S. 10) und lassen sowohl die Komplexität in den Produktionen als auch den Anspruch an deren Steuerung steigen (Reinhart et al. 2015, S. 78). Die Unternehmen begegnen diesen Herausforderungen mit Planungsstrategien, welche auf die Gestaltung von wandlungsfähigen und flexiblen Produktionssystemen abzielen (BVL e.V. 2017, S. 8). Dies schließt meist die Verwendung verschiedenster informations- und kommunikationstechnischer Werkzeuge für konkrete Anwendungsfälle ein und wird unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ zusammengefasst. Die *Plattform Industrie 4.0* beschreibt diese als „die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie“ (BMW i 2019)¹.

Die Echtzeitfähigkeit neuer Technologien spielt in der Industrie 4.0 eine wichtige Rolle. Sie ermöglicht die Vernetzung verschiedenster Systeme in Echtzeit² über den internetbasierten Austausch von Echtzeitdaten³ und lässt die reale Welt mit der virtuellen Welt verschmelzen (WGP e.V. 2016, S. 3). Durch die konsequente Nutzung digitaler Bausteine sollen Unternehmen befähigt werden, den Ansprüchen des Marktes gerecht zu werden und flexibel auf externe und interne Änderungen reagieren zu können. Dieses Ziel soll in einer vernetzten Produktion mit Hilfe vollständiger Transparenz erreicht werden, welche aufgrund der durchgängigen Verfügbarkeit von notwendigen Informationen entsteht (Kagermann et al. 2013, S. 20; WGP e.V. 2016, S. 32 ff.). Die Verfügbarkeit der richtigen Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort ermöglicht optimale Entscheidungen auf Prozessebene, beispielsweise über die Bildung von Reihenfolgen oder die Zuweisung von Aufträgen. Digitale Informationen können außerdem an verschiedenen Orten gleichzeitig

¹Diese Definition wird für die vorliegende Arbeit übernommen.

²In Anlehnung an den Duden und die Norm ISO/IEC 2382 wird unter dem Begriff *Echtzeit* die Zeit verstanden, die eine elektronische Rechenanlage gemäß des betrachteten Anwendungsfalls für die Verarbeitung von Daten benötigen darf. Es handelt sich demnach um eine variable Größe. (Bibliographisches Institut GmbH 2020; Norm ISO IEC 2382)

³Entsprechend der genannten Definition von Echtzeit, werden Echtzeitdaten innerhalb der geforderten Echtzeit zur Verfügung gestellt.

1 Einleitung

vorliegen und dementsprechend von verschiedenen Nutzern zur gleichen Zeit verwendet werden (Krcmar 2015b, S. 16 zitiert nach Pietsch et al. 2004, S. 46).

Auf Basis echtzeitfähiger Vernetzung sollen maschinelle Elemente in die Lage versetzt werden, operative Entscheidungen zu treffen. Dies impliziert einen Paradigmenwechsel hin zur Autonomie maschineller und sich selbst organisierender Fabrik- und Produktionselemente (BVL e.V. 2017, S. 6 ff.). Nach wie vor werden viele Entscheidungen in einer Fabrik aber von Menschen getroffen. Die Industrie 4.0 soll anwendungsfallspezifisch informationsbasierte Entscheidungsgrundlagen für sie schaffen und so die menschlichen Fähigkeiten erweitern und die Qualität ihrer Arbeit verbessern (Vogel-Heuser et al. 2017, S. 110). Gleichzeitig darf sie die Menschen „weder durch zu hohe Komplexität und Belastung überfordern, noch ihnen das Gefühl geben, durch restriktive, technische Systeme ‚fremdbestimmt‘ zu sein“ (Vogel-Heuser et al. 2017, S. 110).

Industrie 4.0 ist ein von den Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) getriebener Ansatz (Prinz et al. 2018, S. 22). Die Informations- und Kommunikationstechnik ist für die Produktion jedoch nur ein Werkzeug und daher ohne Selbstzweck (Sauer 2011, S. 955). Die Erarbeitung methodischer Ansätze für die Gestaltung oder das Management von Industrie 4.0 ging sehr viel langsamer voran und weist bis heute Lücken auf (VWI e.V. 2019, S. 6 ff.). Dies ist ein Grund dafür, dass es durch die Einführung von Industrie 4.0 auch zu bisher nicht gelösten Problemen in der Produktion kommt. Die konkrete Problemstellung dieser Arbeit und die dieser Problemstellung zugrunde liegende Ausgangssituation ist in Abbildung 1.1 dargestellt und wird im Folgenden detaillierter erläutert.

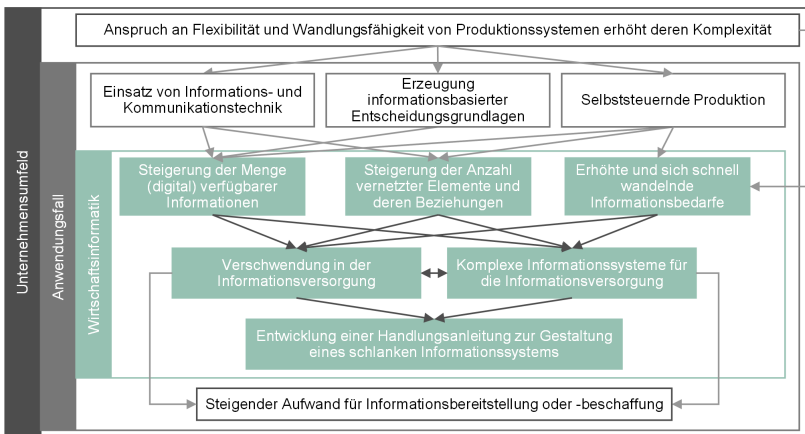


Abbildung 1.1: Ausgangssituation und Problemstellung im Kontext der Digitalisierung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung im Kontext der Digitalisierung

Der Umgang der Industrieunternehmen mit den geschilderten Herausforderungen des Marktes hat Auswirkungen auf ihre Informationswirtschaft. Es ergeben sich zunehmend volatile Informationsanforderungen, die in der Produktion beispielsweise als sich schnell wandelnde Informationsbedarfe der Produktionsmitarbeiter auftreten. Die sich verändernden Informationsbedarfe beziehen sich nicht nur auf eine Änderung der Information an sich, also auf deren Semantik. Sie beziehen sich auch auf den Ort oder die Zeit, an dem oder zu der eine Information benötigt wird. (Knauer 2015, S. 17 ff.)

Bisher funktionierte die Informationsversorgung mit Hilfe von statischen, aber stabilen IT-Systemen, welche von Informationstechnikern implementiert und organisiert wurden. Die Anforderungen der Informationsnutzer waren mit dem Kernziel der IT, „der Sicherstellung einer stabilen technischen Umgebung für die maschinelle Verarbeitung von Daten“, vereinbar (Knauer 2015, S. 19). Der Wunsch nach Stabilität besteht in der IT nach wie vor, steht jetzt aber den sich verändernden Anforderungen der Informationsnutzer aus den einzelnen Produktionsbereichen entgegen. Dieses Dilemma ist in Abbildung 1.2 dargestellt. (Knauer 2015, S. 17 ff.)

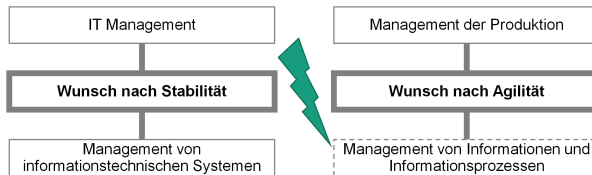


Abbildung 1.2: Primat der Stabilität (IT) vs. volatile Anforderungen der Informationsnutzer (in Anlehnung an Knauer 2015, S. 20)

Neben den volatiler werdenden Anforderungen der Informationsnutzer steigt auch die Menge der digital verfügbaren Informationen sowie die Anzahl der über Informationssysteme miteinander verbundenen Elemente. Nach Wiegand waren beispielsweise schon 2012 „weltweit so viele Geräte mit dem Internet verbunden, wie es Menschen auf unserem Globus gab, mehr als 7 Mrd.“ (Wiegand 2018, S. 2). Auch in produzierenden Unternehmen werden mehr und mehr Elemente miteinander vernetzt, vertikal und horizontal (WGP e.V. 2016, S. 3). Mit Hilfe von analytischen Softwarediensten können vergangene und aktuelle Zustände beschrieben und analysiert werden. Cloudbasierte Plattformen erlauben die Interaktion zwischen einzelnen Unternehmen. Mit jedem vernetzten Baustein entstehen Schnittstellen, die organisiert werden müssen. Hierbei kann es sich um technische oder organisatorische Schnittstellen handeln. Speziell die Schnittstellen zwischen einzel-

1 Einleitung

nen funktional organisierten Einheiten sind laut Wiegand immer eine Störung, bei der es zu Verschwendung kommt (Wiegand 2018, S. 5). Eine klassische Schnittstellenproblematik ist beispielsweise auch eine unterschiedliche Sprache zwischen zwei miteinander kommunizierenden Einheiten. Insbesondere bei der Einbindung des Menschen ist eine verschwendungsfreie Schnittstelle wichtig, um die Akzeptanz neuer Systeme zu erreichen (WGP e.V. 2016, S. 3) und seine Effektivität und Effizienz zu gewährleisten.

Die Erfassung und Analyse großer Informations- und Datenmengen verspricht einen großen Mehrwert (WGP e.V. 2016, S. 25). Der darauf basierende und von Vogel-Heuser et al. (2017, S. 251) als traditioneller Reflex bezeichnete Wunsch, immer mehr Informationen verarbeiten zu wollen, um reaktionsfähiger und schneller zu werden, hat zur Folge, dass eine steigende Menge strukturierter und unstrukturierter Informationen im Unternehmen organisiert werden müssen. Die durch die Nutzung der ausgewerteten Daten gewonnene Flexibilität geht meist bei deren Organisation wieder verloren (Snyder 2011, S. 23). Es findet demnach nur eine Verschiebung des Kernproblems statt, welche deutlich macht, dass die Aufwände zur Organisation von Daten und Informationen in Zukunft reduziert werden müssen, um für das Unternehmen einen Nutzen zu erzeugen (vgl. Abbildung 1.3). Neue technische Möglichkeiten zur Erfassung und Speicherung von Informationen unterstützen den Sammelreflex und sorgen zusätzlich für einen exponentiellen Anstieg der Informationsmenge (Krcmar 2015b, S. 736). In manchen Unternehmen wird sogar von einem Informationsinfarkt gesprochen (Knauer 2015, S. 24). Auch jeder einzelne Mitarbeiter muss mit mehr Informationen umgehen können und stellt fest, dass trotzdem häufig Informationen fehlen. Dies führt zu einem Paradoxon welches Heinisch bereits 2002 folgendermaßen formulierte: „Neben großartigen neuen Möglichkeiten der Informationsbeschaffung hat uns die Wissensgesellschaft auch ein Paradoxon, überlassen: Einerseits fühlen wir uns von den Informationen überflutet, andererseits finden wir nicht, was wir suchen“ (Heinisch 2002, S. 340).

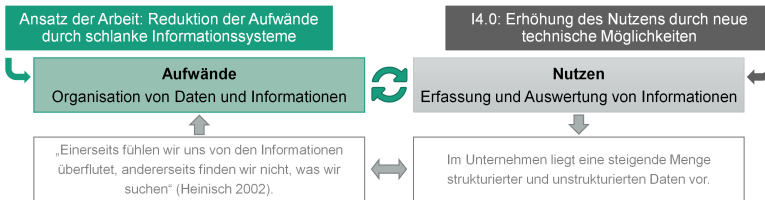


Abbildung 1.3: Lösungsansätze für das Dilemma unserer Wissensgesellschaft

Die Problemstellung der vorliegenden Arbeit resultiert aus dieser Ausgangssituation. Es kommt zu Verschwendung im Umgang mit Informationen und die Komplexität der Informationssysteme steigt. Dies ist auf die wachsende Dynamik und die Vielzahl, Vielfalt

und Größe der Systemelemente zurückzuführen⁴. Auch die Vielfalt des zu verarbeitenden Objektes Information lässt die Komplexität steigen. Nach Snyder (2011, S. 24) fügt beispielsweise jedes hinzukommende Dateiformat dem Unternehmen eine weitere Komplexitätsebene hinzu. Jede erfasste oder erzeugte Information muss organisiert werden. Hierfür werden Datenspeicher benötigt, die wiederum ein zusätzliches Element in einem Informationssystem darstellen.

Die Dynamik der Informationsbedarfe sorgt ebenfalls dafür, dass die Komplexität in den Informationssystemen steigt. Es werden weitere Services benötigt, welche die Informationsflüsse bedarfsorientiert steuern (Bauernhansl et al. 2018a, S. 134). Auch diese Services müssen vernetzt werden, haben Schnittstellen und erhöhen die Vielfalt und Vielzahl der Elemente in einem Informationssystem. In verschiedenen Studien und Veröffentlichungen von Gremien, die sich mit der Einführung der Industrie 4.0 beschäftigen, wird die Beherrschung komplexer Systeme als Handlungsfeld und Hürde für die Umsetzung der Industrie 4.0 genannt (vgl. z.B. Kagermann et al. 2013, S. 6; IDC Central Europe GmbH 2014, S. 6; we.CONECT 2018). Laut dieser Quellen bedarf es Methoden und Werkzeugen, welche die Mitarbeiter dazu befähigen, die entstehende Komplexität zu bewirtschaften, damit diese den Wertschöpfungsprozess und die daran beteiligten Mitarbeiter nicht in ihrer Effektivität und Effizienz beeinflusst.

Verschwendung in Informationssystemen tritt auf, wenn Informationsangebot und Informationsbedarf nicht aufeinander abgestimmt sind. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn relevante Informationen nicht zur richtigen Zeit, nicht am richtigen Ort, nicht in der richtigen Form oder überhaupt nicht zur Verfügung stehen. Laut einer Studie von LexisNexis sind wir 40% unserer Arbeitszeit mit der Suche nach passenden Informationen beschäftigt. Umgekehrt tritt Verschwendung auch dann auf, wenn Mitarbeiter mit zu vielen Informationen konfrontiert werden (information overload) und so den Überblick über das eigentliche Geschehen verlieren. In beiden Fällen haben Mitarbeiter einen erhöhten Zeitbedarf für die Beschaffung oder Bereitstellung relevanter Informationen und sind folglich weniger effizient. (LexisNexis GmbH 2007; Bauernhansl et al. 2014, S. 481)

Informationssysteme sind häufig auch deshalb verschwendungsbehaftet, weil sie aus historisch gewachsenen Strukturen entstanden sind. Dies gilt insbesondere für Verwaltungsprozesse, wo die Prinzipien der Lean Production lange nicht so verbreitet sind wie in der Produktion. Gewachsene Strukturen in der Organisation werden hier digitalisiert, ohne sie vorab zu hinterfragen (Wiegand 2018, S. 6 ff.). Die auftretende Verschwendung in Informationssystemen beeinflusst sich gegenseitig (Oehmen et al. 2011, S. 61). Die Überproduktion nicht benötigter Informationen führt zu einer Bevorratung von zu vie-

⁴vgl. Definition von Systemkomplexität nach Haberfellner et al. (2015, S. 38 f.) in Abschnitt 2.3.1

len Informationen. Dies erhöht den Suchaufwand. Informationen, die keine ausreichende Qualität haben, müssen korrigiert werden, was wiederum zu längeren Wartezeiten führt.

Ob ein Unternehmen den Weg in die Industrie 4.0 erfolgreich geht, hängt nicht nur von den eingesetzten Informations- und Kommunikationstechniken, sondern auch von deren Organisation ab (VWI e.V. 2019, S. 3). Auch für den Umgang mit volatilen Informationsanforderungen und komplexer werdenden Informationssystemen wird in den Industrieunternehmen ein Management benötigt, welches nicht alleine von deren IT Funktionen geleistet werden kann (Knauer 2015; Krcmar 2015b). Bei der Konzeptionierung von Informationssystemen ist es essentiell, dass diese über die Grenzen einzelner organisatorischer Einheiten hinweg gestaltet werden (Wiegand 2018). Die kritische Untersuchung bestehender Ansätze zeigt, dass es insbesondere in diesem eher operativen Bereich des Informationsmanagements kaum methodische Werkzeuge gibt. Das in Abbildung 1.2 dargestellt Dilemma zwischen dem IT-Management und dem Management der Produktion deutet außerdem auf ein Kommunikationsproblem zwischen Betrieb- und Informatikingenieuren bei der Konzeptionierung neuer IT-Systeme hin.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

Das wissenschaftliche Gesamtziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Lösung, mit der schlanke Informationssysteme gestaltet werden können. Dieses Gesamtziel lässt sich in Anlehnung an Töpfer (2010, S. 51 ff.) in drei wissenschaftliche Teilziele unterteilen, das pragmatische, das deskriptive und das theoretische. Die Ziele werden im Folgenden für die vorliegende Arbeit benannt. Ein Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Handlungsanleitung, mit der schlanke Informationssysteme gestaltet werden können. Dies entspricht dem pragmatischen Wissenschaftsziel der vorliegenden Arbeit. Es ist im Hinblick auf den zu generierenden Nutzen das Primärziel der Realwissenschaften. Aus dem pragmatischen lassen sich ein theoretisches und ein deskriptives Wissenschaftsziel ableiten (vgl. Abbildung 1.4). Um festzulegen, durch was sich ein schlankes Informationssystem auszeichnet, müssen Wertschöpfung und Verschwendung im Rahmen der Informationsversorgung voneinander abgegrenzt und ihr Einfluss auf die Schlantheit eines Informationssystem erklärt werden. Dieses Teilziel entspricht dem theoretischen Wissenschaftsziel der Forschungsarbeit. Grundsätzlich werden hier „vermutete Erklärungsmuster erarbeitet, die bereits einen möglichst hohen Aussagegehalt besitzen sollen“ (Töpfer 2010, S. 53). Für das pragmatische Ziel ist eine eindeutige Begriffsbildung und Beschreibung bestimmter Sachverhalte notwendig. Dies entspricht dem deskriptiven Ziel und soll in der Modellierung generischer Bausteine für die Gestaltung schlanker Informationssysteme münden. Die im Rahmen des deskriptiven Wissenschaftsziels erarbeiteten Inhalte dienen dem pragmatischen Wissen-

schaftsziel als Basis. Beide bauen auf den Erkenntnissen der theoretischen Lösungskomponente auf (vgl. Abbildung 1.4).

Die drei Lösungskomponenten dienen einem spezifischen Zweck. Die mit Hilfe der Handlungsanleitung schlank gestalteten Informationssysteme sollen Informationsnutzer bedarfsgerecht, also effektiv, mit Informationen versorgen. Das soll beispielsweise dazu führen, dass diese nicht auf Informationen warten oder Informationen suchen müssen. Des weiteren sollen aufgrund fehlerhafter Informationen oder schlecht gestalteter Schnittstellen weniger überflüssige Tätigkeiten ausgeübt werden müssen. Die Mitarbeiter sollen ihre Aufgaben zielgerichtet bearbeiten können und es soll in den Produktionen nicht mehr zu Effizienzverlusten aufgrund einer schlechten Informationsversorgung kommen. Auch im Informationssystem selbst soll es zu weniger Verschwendung kommen, sodass Ressourcen besser genutzt werden. Diese Anforderung zielt auf eine effiziente Informationsversorgung von Informationsnutzern ab.

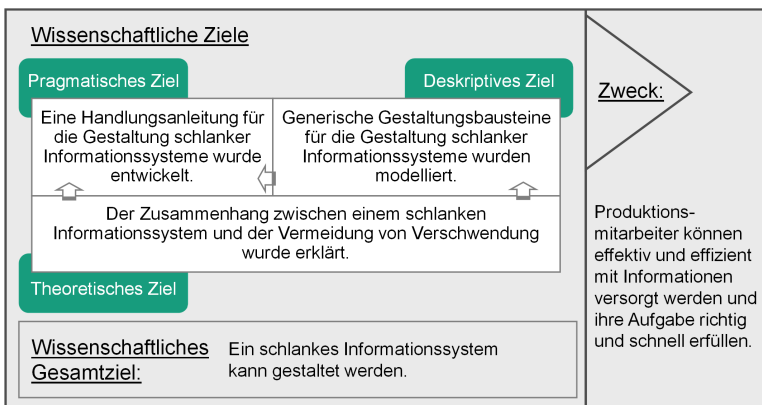


Abbildung 1.4: Wissenschaftliche Ziele der Forschungsarbeit

Neben den wissenschaftlichen Zielen verfolgt die Arbeit Anwendungsziele. Die zu gestaltenden Informationssysteme sollen Produktionsmitarbeiter mit Informationen versorgen. Die Eingrenzung auf die Informationsversorgung von Menschen soll den humanzentrierten Ansatz hervorheben, der auch für die Firmenkultur von Toyota schon eine große Bedeutung hatte (Ohno 1993, S. 19). In der Industrie 4.0 zeichnet sich dieser Ansatz dadurch aus, dass der Mensch „ein integraler und unverzichtbarer Bestandteil der Produktionswelt [bleibt]“ (Kärcher 2015, S. 49) und bei der Verschmelzung von IKT und Produktionstechnologie im Mittelpunkt steht (VDMA e.V. 2018, S. 8). Mit seiner kreativen Problemlösungskompetenz stellt der Mensch den flexibelsten und intelligentesten Teil der heutigen und der künftigen Fabrik dar und wird sowohl als kompetent handelnd als

auch als Entscheider betrachtet (Kärcher 2015, S. 49 f.; ten Hompel et al. 2016, S. 3). Zu den Produktionsmitarbeitern zählen Mitarbeiter, die direkt wertschöpfend tätig sind, sowie Mitarbeiter, die produktionsunterstützende Arbeit leisten. Alle Tätigkeiten, die zur Wandlung von Rohstoffen in ein Produkt notwendig sind, bilden den Wertstrom⁵ eines produzierenden Unternehmens (Erlach 2010, S. 11). Als wertschöpfend in einem Wertstrom gelten nach Erlach Tätigkeiten, die „dem Material eine Eigenschaft hinzufügt, die seinen Wert aus Kundensicht erhöht“ (Erlach 2010, S. 11). Als produktionsunterstützend gelten beispielsweise logistische Tätigkeiten, arbeitsvorbereitende Planung und Steuerung, Wartung und Instandhaltung sowie qualitätssichernde Prozesse.

Anwender der Handlungsanleitung sollen Betriebs- und Informatikingenieure in produzierenden Unternehmen sein. Während Betriebsingenieure eine reale, betriebsbezogene Sicht auf die Systeme mitbringen, haben Informatikingenieure eine hardware- bzw. softwarebezogene Sicht. Mit der Lösung soll ihre Zusammenarbeit unterstützt werden. Des Weiteren sollen die späteren Informationsnutzer des zu gestaltenden Systems in den Gestaltungsprozess einbezogen werden. Dies soll für eine bessere Akzeptanz des neuen Informationssystems sorgen. Informationssysteme sollen unabhängig vom vorliegenden Automatisierungs- oder Digitalisierungsgrad vollständig gestaltet werden können. Das bedeutet, dass neben der Modellierung digitaler Informationen und deren Verarbeitung auch nicht digitale Informationen abgebildet werden können müssen.

Aus der formulierten Zielsetzung der Forschungsarbeit resultieren Forschungsfragen, die sich auf das theoretische (T), das deskriptive (D) und das pragmatische (P) Wissenschaftsziel beziehen. Verbunden sind diese Forschungsfragen durch eine übergeordnete Leitfrage.

Wie kann ein System für die Informationsversorgung von Produktionsmitarbeitern schlank gestaltet werden?

- Wie kann Verschwendung im Kontext der Informationsversorgung und deren Einfluss auf die Schlankheit eines Systems erklärt werden? (T)
- Aus welchen Gestaltungsbausteinen besteht ein schlankes Informationssystem und wie können diese beschrieben werden? (D)
- Wie sieht eine Handlungsanleitung für die Gestaltung schlanker Informationssysteme aus? (P)

⁵vgl. auch Abschnitt 2.1.3 Wertstromdesign für die Gestaltung schlanker Produktionsprozesse

1.3 Wissenschaftstheoretische Positionierung der Arbeit

„Die Wissenschaftstheorie umfasst alle Disziplinen, die sich mit methodologischen Fragen der Entdeckung, Begründung und Verwendung wissenschaftlicher Aussagen beschäftigen“ (Ulrich et al. 1976b, S. 343). Diese Fragen sind vorwissenschaftlicher Art. Ihre Beantwortung basiert nach Ulrich et al. auf Werturteilen und soll dabei helfen, das Subjektivitäts- und das Kommunikationsproblem in der wissenschaftlichen Arbeit zu lösen. Das Subjektivitätsproblem drückt sich beispielsweise durch die subjektive Wahrnehmung des Forschers aus, die auf dessen gesammelten Kenntnissen, Erfahrungen und Einstellungen basiert. Ein weiteres Problem sind interessensbezogenen Werturteile, die laut Ulrich et al. auf bewährte Interpretationsmuster zurückzuführen sind. Ein Kommunikationsproblem tritt bei der Verwendung unpräziser Sprache oder Verallgemeinerungen auf. Liegen Sprachregeln vor, können Realitäten präziser abgebildet und Erkenntnisse in einer gemeinsamen Sprache vermittelt werden. Nach Stokes und Winter wird mit der Adressierung der genannten Fragen auch die Stringenz (oder Rigorosität) des Erkenntnisprozesses und die Relevanz der Forschungsarbeit begründet. Die Verbindung von Stringenz und Relevanz gilt als gemeinsames Ziel aller Forschungsaktivitäten. (Ulrich et al. 1976a, S. 306 f.; Ulrich et al. 1976b, S. 343; Stokes 1997; Winter 2014)

Im Folgenden werden die Fragen des Entdeckungs-, Begründungs- und Verwendungszusammenhangs für die vorliegende Forschungsarbeit diskutiert und beantwortet. Da sich die Antworten für unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen unterscheiden können, wird zunächst eine wissenschaftssystematische Positionierung vorgenommen. Jede Wissenschaftsdisziplin definiert ihren Gegenstandsbereich, ihre Erkenntnismethoden und ihre Erkenntnisziele, um sich gegenüber anderen Wissenschaften abzugrenzen (Österle et al. 2010b, S. 27; acatech 2013, S. 17). Zwischen den verschiedenen Disziplinen bestehen jedoch unklare Grenzen, da diese Gliederung das Ergebnis eines dynamischen, zukunfts offenen und historischen Prozesses ist (acatech 2013, S. 17 f.). Die hier vorgestellten Überlegungen bzgl. einer wissenschaftssystematischen Positionierung sollen über den zu betrachtenden Gegenstandsbereich und das in Abschnitt 1.2 beschriebene Erkenntnisziel erfolgen. Aus dieser Positionierung wird anschließend ein Erkenntnisprozess abgeleitet, in dem auch die verwendeten Erkenntnismethoden beschrieben werden.

Für die Positionierung der vorliegenden Forschungsarbeit im System der Wissenschaften dient zunächst die Wissenschaftssystematik von Ulrich et al. als Orientierung. Ulrich et al. unterscheiden zwischen Formal- und Realwissenschaften und unterteilen die Realwissenschaften in Grundlagen- und Handlungswissenschaften (vgl. Abbildung 1.5). Zu den Formalwissenschaften gehören beispielsweise die Logik und die Mathematik. Ihr Ziel

1 Einleitung

ist die Konstruktion von Sprachen, wobei sie keinen Realitätsbezug aufweisen. Die Realwissenschaften beschreiben, erklären und gestalten empirisch wahrnehmbare Wirklichkeitsausschnitte. Anders als die Grundlagenwissenschaften, die Wirklichkeitsausschnitte erklären wollen, ist es das Ziel der Handlungswissenschaften, neue Realitäten zu schaffen. Die „Analyse menschlicher Handlungsalternativen zwecks Gestaltung sozialer und technischer Systeme“ (Ulrich et al. 1976a, S. 305) steht hier im Vordergrund. Über den Gegenstandsbereich *Informationssystem* und die in Abschnitt 1.2 vorgestellte Zielsetzung *Entwicklung einer Handlungsanleitung für die Gestaltung schlanker Informationssysteme*, lässt sich die Arbeit in den Bereich der Real- bzw. der angewandten oder Handlungswissenschaften einordnen (vgl. Abbildung 1.5). Laut Ulrich et al. unterteilen sich die Handlungswissenschaften in die Technikwissenschaften und die angewandten Sozialwissenschaften. Informationssysteme werden in dieser Arbeit als soziotechnische Systeme betrachtet. Dies deutet darauf hin, dass die Arbeit in eine Schnittstellendisziplin zwischen den Technik- und den Sozialwissenschaften einzuordnen ist. (Ulrich et al. 1976a, S. 305)

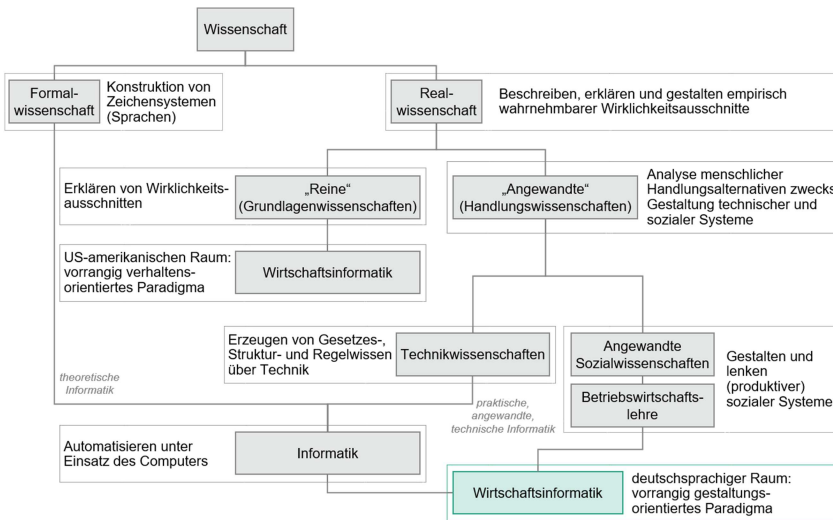


Abbildung 1.5: Wissenschaftssystematische Positionierung in Anlehnung an Ulrich et al. (1976a), Ulrich (1981), acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (acatech), Vollmer (1999), Rechenberg (2010), Jung et al. (2008), Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik (WKWI), Hevner et al. (2004) und Krmar (2015b)

Eine Bottom-up-Betrachtung auf Basis des Gegenstandsbereichs bestätigt diese Annahme. Informationssysteme in der Wirtschaft und demnach auch im produktionstechnischen Umfeld sind Forschungsgegenstand der Wissenschaftsdisziplin *Wirtschaftsinformatik*. Die

Wirtschaftsinformatik ist eine relativ junge Disziplin, deren wissenschaftssystematische Positionierung sich mit der Zeit gewandelt hat. Im deutschsprachigen Raum wird sie heute als eigenständige Disziplin betrachtet und als Interdisziplin zwischen der Betriebswirtschaftslehre und einer ingenieurwissenschaftlich geprägten Informatik eingeordnet (siehe Abbildung 1.5). Nach Ulrich et al. gehört die Betriebswirtschaftslehre zu den angewandten Sozialwissenschaften und ist daher eine Handlungswissenschaft. Auch die ingenieurwissenschaftlich geprägte Informatik kann den Handlungswissenschaften zugeordnet werden. Rechenberg unterteilt die Informatik in die theoretische, die praktische, die angewandte und die technische Informatik. Nur die theoretische Informatik ist eine Formalwissenschaft. Als Handlungswissenschaft liegt der Wirtschaftsinformatik im deutschsprachigen Raum ein gestaltungsorientiertes Paradigma zugrunde. Es ist jedoch ein zweites Paradigma bekannt, welches insbesondere im US-amerikanischen Raum Bedeutung hat. Hierbei handelt es sich um die verhaltensorientierte oder behavioristische Wirtschaftsinformatik, die sich eher an den Methoden der Naturwissenschaften orientiert. (Ulrich et al. 1976a, S. 305; Floyd et al. 1992, S. 19; Hevner et al. 2004, S. 76; Rechenberg 2010, S. 56; WKWI 2011, S. 1 f.; Österle et al. 2010b, S. 2, 11; Krcmar 2015b, S. 21 f.)

Die wissenschaftssystematische Positionierung deutet auf eine Vielzahl möglicher Vorgehensweisen und methodischer Ansätze hin. Becker et al. empfehlen deshalb insbesondere für die Wirtschaftsinformatik, dass „Forschung unter weitreichender Offenlegung der wissenschaftlichen Grundannahmen und Vorgehensweisen erfolgt“ (Becker et al. 2003, S. 3). Diese werden im Rahmen von Entdeckungs-, Begründungs- und Verwendungszusammenhang in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

1.3.1 Der Lösungsansatz im Rahmen des Entdeckungszusammenhangs

Der Entdeckungszusammenhang gilt als der gedankliche Bezugsrahmen einer Forschungsarbeit und bildet ihre konzeptionelle Basis. Er beschreibt ein Problem der Wissenschaftspsychologie. Im Rahmen des Entdeckungszusammenhangs muss die Frage geklärt werden, wie Wissenschaftler zu neuen Konzeptionen und wissenschaftlichen Aussagen gelangen. Diese Fragestellung beschreibt ein heuristisches Problem, dessen Lösung dem Zweckmäßigkeitkriterium unterliegt. Aufgrund des heuristischen Charakters des Entdeckungszusammenhangs kann ein Forschungsproblem auf verschiedenen gedanklichen Bezugsrahmen aufbauen, die nicht zwingend zu einer „besten Lösung“ führen. Der gedankliche Bezugsrahmen der Forschungsarbeit ist abhängig von der wissenschaftssystematischen Positionierung, sowie vom bearbeitenden Wissenschaftler, seinen Erfahrungen, Kenntnissen und Einstellungen. Des Weiteren spielen zugrunde liegende wissenschaftliche Leittheorien und wissenschaftstheoretische Paradigmen eine wichtige Rolle. Die genannten Faktoren und

ihr Einfluss auf den Lösungsansatz sollen im Folgenden erläutert werden. (Ulrich et al. 1976a, S. 306 f.)

Je nach Wissenschaftsdisziplin unterscheiden sich neben den Betrachtungsgegenständen auch die Problemstellungen, mit denen sich Wissenschaftler beschäftigen. Der Grundlagenwissenschaftler sucht nach erklärungsbedürftigen Phänomenen und Diskrepanzen zwischen Theorien und Beobachtungen. Der angewandte Wissenschaftler „wählt Probleme der praktisch handelnden Menschen aus, für deren Lösung kein befriedigendes Wissen zur Verfügung steht“ (Ulrich 1981, S. 5). Probleme der angewandten Wissenschaften entstehen demnach in der Praxis und haben notwendigerweise einen interdisziplinären Charakter. (Ulrich 1981, S. 5 f.)

Zur Zeit der Entstehung dieser Arbeit war die Verfasserin als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der auf anwendungsorientierte Forschung spezialisierten Fraunhofer Gesellschaft tätig. Die Problemstellung der vorliegenden Arbeit kristallisierte sich im Rahmen verschiedener Industrieprojekte heraus, welche die Verfasserin als wissenschaftliche Mitarbeiterin des Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) bearbeitete. Schwerpunkt dieser Industrieprojekte war die Produktionsoptimierung mit Hilfe der auf der Lean Production basierenden Wertstrommethode. Klassische Verschwendungsarten wie beispielsweise die Überproduktion, überflüssige Lagerhaltung oder überflüssiger Transport wurden identifiziert, um darauf aufbauend ein schlankes Produktionssystem zu gestalten. Neben dem Materialfluss wird in der Wertstromanalyse auch der Informationsfluss für die Steuerung der Produktion erfasst. Der Verfasserin fiel auf, dass es in der Informationsversorgung von Mitarbeitern ebenfalls zu Verschwendung kommt, was zu einem steigenden Zeitbedarf für die Erledigung einer Aufgabe und somit zu Effizienzverlusten führt. Diese Beobachtung konnte bei Industrieunternehmen verschiedener Branchen und Größen gemacht werden. Die Problemstellung ergibt sich daher, wie in Abschnitt 1.1 beschrieben und in Abbildung 1.1 dargestellt, aus der Praxis.

Für die Lösung der interdisziplinären Problemstellung sind sowohl Kenntnisse und Erfahrungen im Bereich der Wirtschaftsinformatik als auch in deren Elterndisziplinen notwendig. Als Wirtschaftsingenieurin hat die Verfasserin während ihres Studiums theoretische Kenntnisse in den Bereichen Produktionsorganisation, Logistik und BWL gesammelt. Aufgrund des gewählten Studienschwerpunkts kamen Konzepte theoretischer, praktischer und angewandten Informatik hinzu. Im Rahmen des Projektes *Zentrum Digitalisierte Batterieproduktion [ZDB]*⁶ am Fraunhofer IPA konnte die Verfasserin außerdem erste Erfahrungen bei der Identifikation von Verschwendung aufgrund der Informationsversorgung sammeln und eine Methode entwickeln, mit der diese erfasst und transparent dargestellt

⁶gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau des Landes Baden-Württemberg (3-4332.62-IPA/61)

werden kann.⁷ Im Projekt *Applikationszentrum Industrie 4.0 [APZ]*⁸ wurde am Digitalen Schatten und der Kognitiven Fabrik gearbeitet. In diesem Zusammenhang wurden erste Ideen für die bedarfsgerechte Informationsflusssteuerung gesammelt.⁹

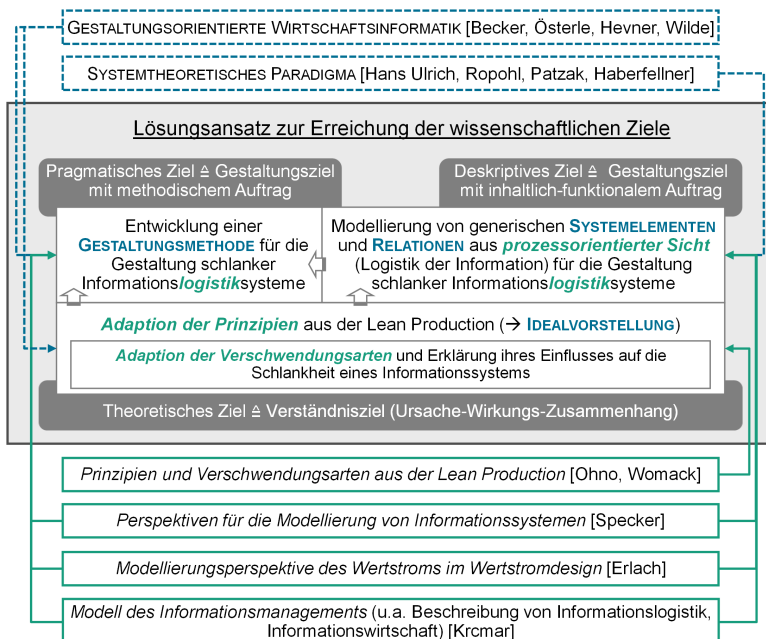


Abbildung 1.6: Lösungsansatz auf Basis zugrunde liegender Paradigmen und wissenschaftlicher Leittheorien

Aufgrund der wissenschaftssystematischen Positionierung basiert die Arbeit auf Paradigmen der Betriebswirtschaftslehre und der Wirtschaftsinformatik, unter deren Einfluss ein erster Lösungsansatz für das Erreichen der wissenschaftlichen Ziele entsteht. Dieser ist in Abbildung 1.6 in dunkelblau (gestrichelte Linie) dargestellt. Ein Paradigma ist nach Ulrich et al. ein in der betrachteten Disziplin vorhandenes und anerkanntes Grundmodell, welches „fruchtbare Begriffe, Fragestellungen und Lösungsverfahren liefert und während längerer Zeit selbst nicht in Frage gestellt wird“ (Ulrich et al. 1976a, S. 307). Wie bereits beschrieben, wird in der Wirtschaftsinformatik zwischen dem verhaltens- und dem gestaltungsorientierten Paradigma unterschieden. Beide werden unter anderem in den Werken

⁷siehe Gessert et al. (2019)

⁸gefördert durch das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft des Landes Baden- Württemberg (7-4332.62-IPA/43)

⁹siehe Bauernhansl et al. (2018a), Bauernhansl et al. (2018b) und Colangelo et al. (2019)

von Becker et al. (2003, S. 11 f.), Hevner et al. (2004, S. 75 f.), Wilde et al. (2007, S. 281) und Österle et al. (2010b, S. 1 ff.) beschrieben. Das Erkenntnisziel des gestaltungsorientierten Paradigmas umfasst Gestaltungsziele, bei denen es um die „Gestaltung bzw. Veränderung bestehender und damit die Schaffung neuer Sachverhalte“ (Becker et al. 2003, S. 11) geht. Becker et al. unterteilen die Gestaltungsziele in solche mit methodischem Auftrag und solche mit inhaltlich-funktionalem Auftrag (siehe Abbildung 1.6). Das deskriptive Wissenschaftsziel der Arbeit entspricht einem Gestaltungsziel mit inhaltlich-funktionalem Auftrag, welches nach Becker et al. die Bereitstellung eines Referenzmodells beinhaltet. Dieses soll für die zu erarbeitende Handlungsanleitung generisch modellierte Gestaltungsbausteine umfassen. Das pragmatische Wissenschaftsziel der Arbeit entspricht dem Gestaltungsziel mit methodischem Auftrag. Hier geht es um die Entwicklung einer Methode für die Informationssystemgestaltung. Sowohl das Modell als auch die Methode gelten als Ergebnistyp bzw. Artefakt der Wissenschaftsdisziplin *Wirtschaftsinformatik* (Wilde et al. 2007, S. 281).

Bei der Entwicklung von Methode und Modell werden Erkenntnisse aus der verhaltensorientierten Wirtschaftsinformatik benötigt, denn die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik geht „von einer Sollvorstellung eines Informationssystems aus und sucht nach Mitteln, bei gegebenen Restriktionen ein Informationssystem mit diesem Ziel zu konstruieren“ (Österle et al. 2010b, S. 3). Die Sollvorstellung resultiert aus dem theoretischen Wissenschaftsziel der Arbeit, welches dem Erkenntnisziel der verhaltensorientierten Wirtschaftsinformatik entspricht. Das Erkenntnisziel des verhaltensorientierten Paradigmas ist ein Verständnisziel im Sinne eines Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs (siehe Abbildung 1.6). Es bezeichnet „den Wunsch des Verständnisses gegebener Sachverhalte, der sich häufig darin manifestiert, fundierte Prognosen über ihre Veränderung machen zu können“ (Becker et al. 2003, S. 11). Auf Basis des erklärten Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs wird die Idealvorstellung für die zu gestaltenden Systeme abgeleitet, die als Orientierung für die anschließenden gestaltungsorientierten Arbeiten dient. Während die formulierte Idealvorstellung nur näherungsweise erreichbar ist, beschreibt die Sollvorstellung den erreichbaren Zielzustand der zu gestaltenden Systeme und basiert meist auf vorliegenden Rahmenbedingungen, Randbedingungen und Restriktionen, welche das Erreichen eines Idealzustandes ausschließen. Ideal- und Sollvorstellung sind abhängig von der formulierten Zielsetzung.

Ein weiteres ergänzendes Paradigma ist der von Hans Ulrich begründete systemtheoretische Ansatz aus der Betriebswirtschaftslehre (Ulrich et al. 1976a, S. 308). Der systemtheoretische Ansatz begründet die Sichtweise, aus der Informationssysteme in der vorliegenden Arbeit betrachtet werden. Zur Beschreibung der Informationssysteme wird das vom Paradigma zur Verfügung gestellte Begriffssystem verwendet, welches unter anderem

in den Arbeiten von Hans Ulrich (1970), Patzak (1982) und Haberfellner et al. (2015) beschrieben wird. Hans Ulrich beschreibt ein System als „eine geordnete Gesamtheit von Elementen, zwischen denen irgendwelche Beziehungen bestehen“ (Ulrich 1970, S. 105). Aufgrund dieser systemtheoretischen Sichtweise sollen im Rahmen des Gestaltungsziels mit inhaltlich-funktionalem Auftrag die Gestaltungsbausteine als Systemelemente und Relationen modelliert werden. Sie sollen generisch aber zielorientiert gestaltet und den Anwendern der Methode in einem Strukturmodell zur Verfügung gestellt werden.

Neben den genannten Erfahrungen und Paradigmen basieren Lösungsansatz und Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit außerdem auf wissenschaftlichen Leittheorien und Ausarbeitungen aus Formal-, Grundlagen- und Handlungswissenschaften. Der aufgrund dieser Leittheorien adaptierte Lösungsansatz für die wissenschaftlichen Ziele ist in Abbildung 1.6 in dunkelgrün (durchgezogene Linie) dargestellt und verdeutlicht die von der angewandten Wissenschaft geforderte Interdisziplinarität des Lösungsansatzes. Basierend auf den genannten Arbeitsschwerpunkten der Verfasserin während der Entstehung dieser Arbeit stützt sich der Lösungsansatz zunächst auf Ansätze aus der Lean Production, die unter anderem in den Werken von Ohno (1993), Womack et al. (1990) und Womack et al. (2003) vorgestellt werden. In ihren Arbeiten präsentieren die Autoren Verschwendungsarten in der Produktion und Prinzipien eines schlanken Produktionssystems. Im Rahmen des theoretischen Wissenschaftsziels sollen aus den Lean-Prinzipien durch Adaption und Erweiterung Gestaltungsprinzipien für Informationssysteme entstehen. Sie beschreiben die Idealvorstellung, an der sich bei der Systemgestaltung orientiert wird. Als Basis hierfür dienen die adaptierten Verschwendungsarten und deren Einfluss auf die Schlankheit eines Informationssystems (siehe Abbildung 1.6).

Die Darstellung von Informationssystemen ist ebenfalls auf die Lean Production, und hier insbesondere auf das Wertstromdesign, zurückzuführen. Nach Jones und Wiegand steht das Prozessdenken im Zentrum der Lean-Ansätze und bildet deren Erfolgsrezept (Wiegand et al. 2004, S. 3, 16)¹⁰. Im Wertstromdesign, welches unter anderem von Erlach (2010) und Rother et al. (2000) vorgestellt wird, ist die Prozessorientierung erkennbar. Hier werden Systeme (produktions-)prozessorientiert modelliert. Die Methode zielt auf die Gestaltung schlanker Produktionssysteme ab. Diese prozessorientierte Perspektive soll für die Darstellung von Informationssystemen übernommen werden. Sie erfordert die Untersuchung der „Operationen eines sozio-technischen Systems nach ihrer zeitlichen und sachlogischen Abfolge“ (Specker 2005, S. 53). Eine theoretische Grundlagenarbeit zu den verschiedenen Perspektiven, aus denen Informationssysteme dargestellt werden können, liefert unter anderem Specker (2005). Die von Produktionsmitarbeitern benötigten Informationen werden häufig nicht an dem Ort oder zu der Zeit erzeugt oder erfasst, an dem

¹⁰Vorwort von Prof. Daniel T. Jones in Wiegand et al. (2004, S. 3)

oder zu der sie benötigt werden. Meist entspricht auch die Qualität oder die Form der Informationen nicht den Bedürfnissen der Produktionsmitarbeiter. Dies ist die Grundproblematik aus der die Aufgabe der Informationslogistik und die Notwendigkeit von Informations- bzw. Informationslogistiksystemen resultiert. Bei der Gestaltung der Systeme dienen daher logistische Prinzipien (z.B. das materiallogistische Prinzip der 5R¹¹) als Orientierung. Grundlagen der Informationslogistik finden über das von Krcmar (2015b) vorgestellte Modell des Informationsmanagements Eingang in die Arbeit.

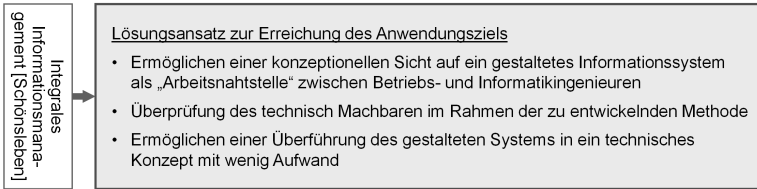


Abbildung 1.7: Lösungsansatz für Anwendungsziele

Auch ein Lösungsansatz für die Anwendungsziele kann anhand einer wissenschaftlichen Leittheorie entwickelt werden (vgl. Abbildung 1.7). Schönsleben stellt das Konzept eines integralen Informationsmanagements vor, welches unter anderem die Zusammenarbeit von Betriebs- und Informatikingenieuren adressiert. Schönsleben bezeichnet die konzeptionelle Sicht auf ein System als Arbeitsnahtstelle zwischen der betriebsbezogenen und der technischen Sicht. Eine gut funktionierende Arbeitsnahtstelle ist für ihn eine „Schlüsselbedingung für den Erfolg bei der Realisierung von Informatik-gestützten Informationssystemen“ (Schönsleben 2001, S. 104). Die zu entwickelnde Handlungsanleitung soll daher eine konzeptionelle Sicht ermöglichen und so die Zusammenarbeit von Informatik- und Betriebsingenieuren unterstützen. Aufgrund dieser Fokussierung auf die konzeptionelle Sicht soll das zu gestaltende System nicht direkt implementierbar aber je nach vorliegendem oder geplantem Digitalisierungs- und Automatisierungsgrad einfach in ein technisches Konzept überführbar sein. Hierfür ist es notwendig, das technisch Machbare schon bei der Konzeptionierung (Systementwicklung) überprüfen zu können.

Aufgrund des gewählten Lösungsansatzes für die wissenschaftlichen Ziele können die Forschungsfragen sowie die Leitfrage konkretisiert werden. Für das theoretische Wissenschaftsziel werden zwei Fragen formuliert. Eine Frage bezieht sich auf die Erklärung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs. Die zweite Frage adressiert die abzuleitende Idealvorstellung.

¹¹Beschreibt Anforderungen an die Materiallogistik: Transportiere das richtige Material in der richtigen Menge und der richtigen Zusammensetzung zur richtigen Zeit an den richtigen Ort (Gudehus 2012, S. 3).

Wie kann ein Informationslogistiksystem für Produktionsmitarbeiter schlank gestaltet werden?

- Wie kann Verschwendung und ihr Einfluss auf die Schlankheit eines aus logistischer Perspektive betrachteten Informationssystem erklärt werden? (T1)
- Welche Prinzipien (Idealvorstellung) liegen der ausgeführten Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems (Sollvorstellung) zugrunde? (T2)
- Aus welchen Elementen und Relationen besteht ein schlankes Informationslogistiksystem und wie können diese aus prozessorientierter Sicht beschrieben werden? (D)
- Wie sieht eine Methode für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme aus? (P)

1.3.2 Der Erkenntnisprozess im Rahmen des Begründungszusammenhangs

Der Begründungszusammenhang dient der Überprüfung des aufgestellten gedanklichen Bezugsrahmens und beschreibt ein Problem der Wissenschaftslogik. Hier geht es um die Frage, „wie vorhandene Hypothesen und Modelle auf ihre Richtigkeit oder Wahrheit hin geprüft werden können“ (Ulrich et al. 1976b, S. 345). Diese Fragestellung beschreibt im wesentlichen ein Induktionsproblem, dessen Lösung einem Wahrheitskriterium unterliegt. (Ulrich et al. 1976a, S. 306; Ulrich et al. 1976b, S. 345)

Die Ausgangsbasis des Begründungszusammenhangs bildet die der Forschungsarbeit zugrunde liegende Erkenntnistheorie, welche die Frage beantwortet, wie im Erkenntnisprozess vorzugehen ist. Hier stehen sich zwei von Töpfer (2010, S. 112) als originär bezeichnete Erkenntnistheorien gegenüber, der (Logische) Empirismus oder Neopositivismus des Wiener Kreis' und der von Karl Popper begründete (Kritische) Rationalismus. Im Logischen Empirismus wird für die Erkenntnisgewinnung die Induktion propagiert. Die Erkenntnisabsicherung erfolgt über das Verifikationsprinzip. Im Kritischen Rationalismus steht der Erkenntnisgewinn durch Deduktion im Vordergrund. Hier gilt die Falsifikation von Erklärungsmodellen, also die Ausschaltung von Irrtümern mittels empirischer Aussagen über Einzelbeobachtungen, als „zentrales Verfahren des realwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses“ (Ulrich et al. 1976b, S. 345). Die Falsifikation stellt eine beschränkte Induktion dar. Neuere Erkenntnistheorien wie beispielsweise der Wissenschaftliche Realismus versuchen den Brückenschlag zwischen der Deduktion mit Falsifikationsprinzip und der Induktion mit Verifikationsprinzip. Dies wird auch in der vorliegenden Arbeit verfolgt. (Ulrich et al. 1976a, S. 306 f.; Ulrich et al. 1976b, S. 345 f.; Töpfer 2010, S. 112, 131)

Ausschlaggebend für die Form der Erkenntnisabsicherung ist das zugrunde liegende Wahrheitskriterium. Bei der vom Kritischen Rationalismus beschriebenen Falsifikation entspricht das Wahrheitskriterium der Konsistenz mit der Wirklichkeit. Unter anderem aufgrund dieses Wahrheitskriteriums wurde der Kritische Rationalismus für seinen Einsatz in den normativ-handlungsorientierten, angewandten Wissenschaften kritisiert. Hier tritt das Ziel in den Vordergrund, praxisrelevante Entscheidungsmodelle zu entwickeln, statt den in den Grundlagenwissenschaften üblichen Erklärungsmodellen. Es wird demnach nicht eine Hypothese in Form einer Ursache-Wirkung-Beziehung (Erklärungsmodell) aufgestellt und geprüft, sondern eine in Form einer Ziel-Mittel-Beziehung (Entscheidungsmodell). Mit dieser Zieländerung ändert sich auch das dem Begründungszusammenhang zugrunde liegende Wahrheitskriterium, denn wie Ulrich et al. schreiben, sei „es niemals das echte Ziel des Forschers [sei], seine Hypothesen zu falsifizieren, sondern vielmehr, sie zu retten“ (Ulrich et al. 1976b, S. 346)¹². Es wird demnach nicht die aufgestellte Hypothese, sondern die nicht passende Wahrheit angezweifelt. Das neue Wahrheitskriterium, welches auch dem Begründungszusammenhang dieser Arbeit zugrunde liegt, beschreiben Ulrich et al. als „das Kriterium der Realisierbarkeit einer Hypothese in der Wirklichkeit mit einer als hinreichend definierten statistischen Beobachtungshäufigkeit“ (Ulrich et al. 1976b, S. 347). Kornwachs greift diesen Ansatz in seiner Arbeit über Strukturen technologischen Wissens auf und entwickelt ihn weiter. Er formuliert, dass „technologische Regeln als Elemente einer technologischen Theorie (technisches Wissen als Regelwerk) nicht wahrheitsdefinit, sondern effektivitätsdefinit sind“ (Kornwachs 2012, S. 165). Die zu prüfende **Hypothese der vorliegenden Arbeit** in Form einer Ziel-Mittel-Beziehung lautet demnach: Unter Anwendung der erarbeiteten Methode können schlanke Informationslogistiksysteme effektiv werden. (Ulrich et al. 1976b, S. 306 f., 345 ff.; Kornwachs 2012, S. 165 ff.)

Um der veränderten Zielsetzung, dem veränderten Wahrheitskriterium und der pragmatischen Ausrichtung der angewandten Wissenschaften Rechnung zu tragen, haben verschiedene Wissenschaftstheoretiker neue Forschungskonzeptionen entwickelt, auf denen auch der Begründungszusammenhang der vorliegenden Arbeit basiert. Die Offenlegung der Forschungskonzeption soll die erforderliche Stringenz bzw. Rigorosität der Forschungsarbeit begründen. Der Erkenntnisprozess dieser Arbeit orientiert sich an der Konzeption von Hans Ulrich (1981, S. 19 ff.) für die BWL, sowie an der Konzeption von Österle et al. (2010b, S. 4 ff.) für die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Er ist in Abbildung 1.8 dargestellt.

In der Analysephase geht es zunächst um die Erhebung der Problemstellung. In den angewandten Wissenschaften ist es wichtig, die Relevanz des Problems für den Praxiszu-

¹²Diese Aussage wurde von Holzkamp (1972) aus wissenschaftspsychologischer Sicht begründet.

1.3 Wissenschaftstheoretische Positionierung der Arbeit

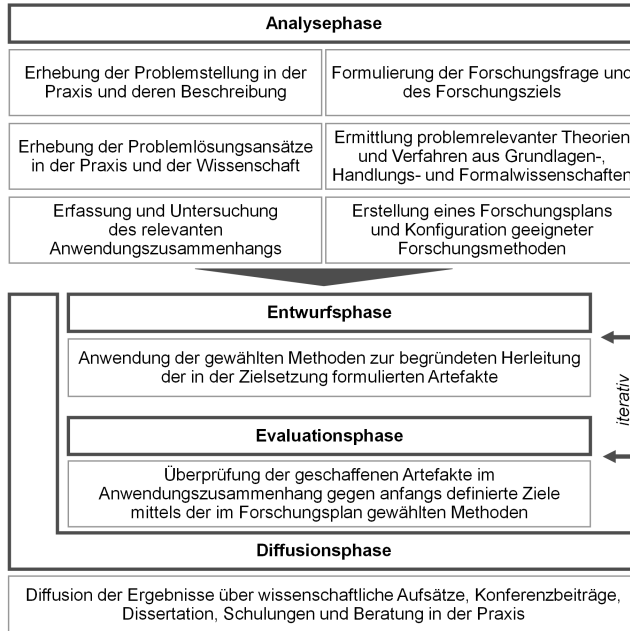


Abbildung 1.8: Erkenntnisprozess der Forschungsarbeit in Anlehnung an Ulrich (1981) und Österle et al. (2010b)

sammenhang zu erkennen und darzustellen. Die Problemstellung wird empirisch-induktiv erhoben. Verwendete Methoden der Wirtschaftsinformatik hierfür sind Fallstudien, Interviews und Analysen von Informationssystemen. Zur Konkretisierung und Erweiterung der Problemstellung werden auch Informationen aus der Sekundärforschung verwendet. Aufbauend auf der Problemstellung werden Forschungsfrage und Forschungsziel formuliert. Ebenfalls zur Analysephase gehört die Erhebung bereits existierender Problemlösungsansätze aus Wissenschaft und Praxis sowie die Ermittlung problemrelevanter Theorien und Verfahren der Formal-, Grundlagen und Handlungswissenschaften. Für die angewandte Forschung kommt diesen Theorien bzw. Kausalzusammenhängen jedoch nur die Funktion von Informationslieferanten zu. Abschließend wird der Anwendungszusammenhang erfasst und untersucht. Diese Vorarbeiten ermöglichen die Erstellung des Forschungsplans zur Entwicklung und Evaluation der Lösung. (Ulrich et al. 1976b; Ulrich 1981; Österle et al. 2010b)

Der Forschungsplan sieht vor, dass zunächst die theoretische Lösungskomponente entwickelt wird, da sowohl das Modell als auch die Methode auf den hier gewonnenen Erkennt-

nissen aufbauen. Anschließend wird das generische Strukturmodell erstellt. Erst wenn diese Lösungskomponente ebenfalls finalisiert ist, kann die Methode gestaltet werden. In der Entwurfsphase werden die im Forschungsplan festgelegten Forschungsmethoden für die begründete Herleitung der in der Zielsetzung formulierten Lösungskomponenten durchgeführt. Die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik bedient sich in der Entwurfsphase hauptsächlich der Deduktion (Österle et al. 2010b, S. 6). In der vorliegenden Arbeit werden die Lösungskomponenten semi-formal (konzeptionell) und mit Hilfe einer natürlich-sprachigen (argumentativen) Deduktion hergeleitet. Eine Ausnahme bildet die Herleitung der in der deskriptiven Lösungskomponente beschriebenen Systemelemente. Hier wird die **induktive Kategorienbildung** in Anlehnung an Mayring (2010) verwendet.

Die Wirtschaftsinformatik nutzt häufig Methoden ihrer Elterndisziplinen und entwickelt eigene Methoden und Verfahren, indem diese neu kombiniert oder spezifiziert werden (Österle et al. 2010b, S. 28). Für die Entwicklung der in der Zielsetzung geforderten Lösungskomponenten wird zunächst auf die Methode der **Demonstratorentwicklung** zurückgegriffen. Bei dieser Methode werden Demonstratoren entwickelt und implementiert, um mehr über einen bestimmten Sachverhalt zu lernen. Der im *Applikationszentrum Industrie 4.0* entwickelte Demonstrator Info@need hat den Zweck, Materialbereitsteller effektiv und effizient mit Informationen in Form von Materialbestellungsaufträgen zu versorgen. Das System sendet dem Mitarbeiter zu dem Zeitpunkt, an dem der Vorgängerauftrag abgearbeitet wurde, den räumlich nächstgelegenen Auftrag auf dessen mobiles Endgerät. Anhand dieses Demonstrators werden Erkenntnisse hinsichtlich der Informationsflusssteuerung und Modellierung von Systemelementen gesammelt. Bei der Modellierung von Elementen und Relationen wird auf bekannte Sprachen und Darstellungsformen, wie sie beispielsweise die Unified Modeling Language (UML) bereitstellt, zurückgegriffen. Es werden verfügbare Werkzeuge verwendet, zu denen im vorliegenden Fall insbesondere Microsoft Visio zählt. Für die Entwicklung der Handlungsanleitung dient das **Method Engineering** als Orientierung (vgl. Trepper 2012, S. 9 ff.; Mayer et al. 1995, S. 7). Hier wird die Adaption existierender Methoden propagiert, um auf vorhandenem Methodenwissen und Erfahrung aufbauen zu können. Das Method Engineering sieht außerdem eine iterative Verbesserung des entwickelten Methodendesigns auf Basis von Methodentests vor.

In der Evaluationsphase wird die Lösung im Anwendungszusammenhang gegen die anfangs definierten Ziele getestet. „Artefakte der Wirtschaftsinformatik sind selten (formal) beweisbar, [...]“ (Österle et al. 2010b, S. 6) bzw. im Sinne des Logischen Empirismus verifizierbar. Dies ist nach Töpfer (2010, S. 112) auf die Verwendung deduktiver Schlussfolgerungen im Erkenntnisprozess zurückzuführen. Bei der Erkenntnisabsicherung geht

es daher zunächst um die Frage ‚Wie?‘ etwas realisiert wird und um eine entsprechend erfolgreiche Durchführung (Kornwachs 2012, S. 170). Diese erfolgt im Rahmen einer Validierung in zwei empirisch-induktiven Fallstudien im Praxisumfeld. Die **Fallstudie** stellt nach Hevner et al. (2004, S. 80) eine gängige Methode zur Evaluation von Ergebnissen in der Wirtschaftsinformatik dar. Evaluationskriterien liefern die in Abschnitt 3.5 formulierten Anforderungen, welche unter anderem auf der in Abschnitt 1.2 formulierte Zielsetzung der Arbeit basieren. In dieser Phase werden weitere Erkenntnisse gesammelt, die auf Modell- und Methodendesign Einfluss nehmen. Daher findet zwischen Entwurfs- und Evaluationsphase eine Iteration statt. Abschließend wird das finale Modell der deskriptiven Lösungskomponente bzgl. verschiedener Vollständigkeitskriterien verifiziert. Dies ist möglich, da zur Erstellung des Modells eine induktive Methode gewählt wurde. Für die Verifikation bilden die in Abschnitt 3.5 formulierten, formalen Anforderungen die Evaluationskriterien.

Die Diffusionsphase startet annähernd parallel mit der Entwurfsphase, denn hier werden bereits erste Lösungsansätze mit der wissenschaftlichen Gemeinschaft geteilt und diskutiert. Dies erfolgt in Form von wissenschaftlichen Aufsätzen und Konferenzbeiträgen. Mit der Beratung in der Praxis wird im vorliegenden Fall begonnen, sobald der theoretische Lösungsbaustein finalisiert ist. Sie erfolgt in Rahmen von Beratungsprojekten und Seminaren. Die vorliegende Dissertation stellt die abschließende Dokumentation der Forschungsarbeit dar.

1.3.3 Die Relevanz der Forschungsarbeit im Verwendungszusammenhang

Im Verwendungs- oder Verwertungszusammenhang wird nach der gesellschaftlichen Relevanz bzw. nach dem Zweck wissenschaftlicher Aussagen gefragt (Ulrich et al. 1976a, S. 306). In den angewandten Wissenschaften drückt sich die Relevanz einer Lösung in deren Nützlichkeit aus (Ulrich et al. 1976a, S. 307). Auch in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik unterliegt die Lösung des Relevanzproblems einem Nutzenkriterium (Winter et al. 2010, S. 257). Die Problemstellung wurde im Praxiszusammenhang erhoben und begründet bereits ihre Relevanz für Industrieunternehmen (siehe Abschnitt 1.1 und 1.3.1). Der Nutzen der angestrebten Erkenntnisse ergibt sich durch den Einsatz der entwickelten Lösung in der Praxis. Die „Praxis“ oder der Anwendungszusammenhang umfasst produzierende Unternehmen, in denen die beschriebene Problemstellung in der Informationsversorgung von Produktionsmitarbeitern vorliegt. Aus der in Abschnitt 1.3.2 beschriebenen Ziel-Mittel-Hypothese wird zur Begründung des Nutzens eine Zweck-Ziel-Mittel-Beziehung, welche in Abbildung 1.9 dargestellt ist. Sie lautet: Unter Anwendung der erarbeiteten Methode können schlanke Informationslogistiksysteme effektiv werden,

sodass Produktionsmitarbeiter effizient und effektiv mit Informationen versorgt werden und ihre Aufgabe richtig und schnell erfüllen können.

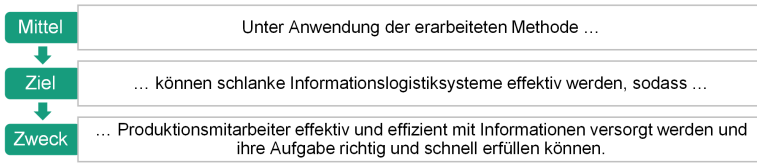


Abbildung 1.9: Der Verwendungszusammenhang als Zweck-Ziel-Mittel-Beziehung

Diese Erweiterung zur Zweck-Ziel-Mittel-Beziehung ist auf eine den Informationssystemen zugeschriebene Eigenschaft zurückzuführen. Demnach haben die hier zu gestaltenden Informationssysteme keinen Selbstzweck, sondern dienen einem betriebswirtschaftlichen Zweck, wie beispielsweise der Verbesserung der Effektivität (Österle et al. 2010a, S. 16). Durch den Einsatz der gestalteten Informationssysteme soll eine Wirkung einsetzen, durch welche der formulierte Zweck erreicht wird. Mit der Bewertung der beschriebenen Wirkung erfolgt eine Nutzenbewertung. Da sowohl die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik als auch der systemtheoretische Ansatz der Betriebswirtschaftslehre normativ ausgerichtet ist, erfolgt die Bewertung der Wirkung normativ, also über Wertprämissen. Die wichtigste der Arbeit zugrunde liegende Wertprämisse stammt aus der Lean Production. Durch die Vermeidung von Verschwendung erzielen Unternehmen einen Nutzen, der sich in der Regel in einer erhöhten Wirtschaftlichkeit ausdrückt (Erlach 2010, S. 13 ff.). In der klassischen Lean Production führt ein reduziertes Pufferlager beispielsweise zu einer verringerten Durchlaufzeit. Das Unternehmen kann dadurch schneller auf veränderte Kundenwünsche reagieren und seine Lieferzeiten verkürzen. Werden keine überflüssigen Daten und Informationen erhoben, müssen diese auch nicht gespeichert werden, was wiederum die Aufwände für die Organisation von Datenbanken und die Suche nach Informationen reduziert.

1.4 Struktur der Arbeit

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der einzelnen Schritte des Erkenntnisprozesses den Kapiteln der vorliegenden Dissertation zugeordnet. Die Kapitelstruktur ist in Abbildung 1.10 dargestellt. In Kapitel 1 werden Ergebnisse der Analysephase erläutert. Hierzu zählen die Problemstellung, das Forschungsziel, die Forschungsfrage, die wissenschaftssystematische Einordnung der Arbeit sowie Entdeckungs-, Begründungs- und Verwendungszusammenhang. Im Rahmen dieser Inhalte werden Forschungsplan und Konfiguration

der Forschungsmethoden erläutert. In den Kapiteln 2 und 3 werden weitere Ergebnisse der Analysephase vorgestellt. Die problemrelevanten Theorien und Verfahren aus den Grundlagen-, den Formal- und den Handlungswissenschaften werden in Kapitel 2 diskutiert. Hierzu zählen theoretische Grundlagen aus dem Informationsmanagement, der Lean Production und der Systemtheorie. In Kapitel 3 geht es um die Reflexion bereits existierender Problemlösungsansätze aus Wissenschaft und Praxis. Diskutiert werden auf das Informationsmanagement übertragene Ansätze der Lean Production. Ebenso werden Modellierungsansätze und Handlungsanleitungen für die Gestaltung von Informationssystemen vorgestellt, welche einen ähnlichen Lösungsansatz oder eine ähnliche Zielsetzung verfolgen. Abschließend werden die vorgestellten Lösungsansätze diskutiert. Anhand der aus dieser Reflexion abgeleiteten Defizite werden Anforderungen an die Lösung formuliert.



Abbildung 1.10: Struktur der Arbeit

In den Kapiteln 4, 5 und 6 werden die Ergebnisse der Entwurfsphase vorgestellt. In Kapitel 4 wird eine Idealvorstellung für die zu gestaltenden Informationslogistiksysteme präsentiert. Hierzu gehört die Abgrenzung von Wertschöpfung und Verschwendung in Informationslogistiksystemen sowie die Adaption und Erweiterung der aus der Lean Production stammenden Gestaltungsprinzipien. In Kapitel 5 werden die benötigten Gestaltungsbausteine in Form von generisch modellierten Systemelementen und Relationen in einem Strukturdiagramm vorgestellt. Aufgrund der gewählten Darstellungsperspektive entsprechen die Systemelemente informationslogistischen Prozessen. Im Rahmen von Kapitel 6 wird die entwickelte Handlungsanleitung für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme vorgestellt. Dies umfasst auch die Beschreibung der Instanzierung der

Systemelemente. Die Ergebnisse der empirisch-induktiven Validierung im Anwendungszusammenhang werden in Kapitel 7 vorgestellt. Sie umfassen die exemplarische Darstellung von Ergebnissen aus den Fallstudien. Die Ergebnisse der analytisch-deduktiven Verifikation des Modells werden ebenfalls hier vorgestellt. Abschließend werden in Kapitel 8 die wichtigsten Erkenntnisse der Arbeit zusammengefasst und diskutiert. Des Weiteren werden die Grenzen ihrer Anwendung aufgezeigt und mögliche Weiterentwicklungen skizziert.

2 Relevante Terminologien und theoretische Grundlagen

Die in Kapitel 4, 5 und 6 vorgestellten Lösungsbausteine basieren aufgrund ihres interdisziplinären Charakters auf theoretischen Grundlagen aus den Formal-, den Grundlagen- und den Handlungswissenschaften. Des Weiteren werden bei der Beschreibung der Lösung Terminologien genutzt, die in der Fachliteratur teilweise unterschiedlich oder widersprüchlich verwendet werden. Für ein besseres Verständnis der Idealvorstellung sowie für die darauf aufbauende Entwicklung der Gestaltungsmethode wird daher im Folgenden zunächst die Lean Production und die auf der Lean Production basierende Wertstrommethode vorgestellt (vgl. Abschnitt 2.1). In Abschnitt 2.2 werden relevante Terminologien und Ansätze aus dem Informationsmanagement erläutert. Abschließend werden verwendete Ansätze aus der Systemtechnik (bzw. Systemtheorie) beschrieben (vgl. Abschnitt 2.3). Hierzu zählen auch Grundlagen der Modellierung von Informationssystemen, die insbesondere für die gestaltungsorientierten Lösungskomponenten der Arbeit wichtig sind.

2.1 Grundlagen aus der Lean Production

Im Rahmen des International Motor Vehicle Program untersuchten Wissenschaftler des Massachusetts Institute of Technology (MIT) ab 1985 Unterschiede zwischen den Produktionen japanischer, US-amerikanischer und europäischer Fahrzeughersteller. Die bei den japanischen Autoherstellern vorgefundene Produktionsorganisation wurde 1990 von Womack et al. vorgestellt und als Lean Production bezeichnet. Der Ansatz basiert auf dem von Ohno beschriebenen und von ihm als Managementkonzept bezeichneten Toyota-Produktionssystem (TPS). In einer Zeit mit niedrigem Wirtschaftswachstum stand der japanische Automobilhersteller Toyota vor dem Problem, „die Kosten der Herstellung kleiner Stückzahlen bei einer großen Anzahl von Autotypen“ senken zu müssen (Ohno 1993, S. 27). Toyota löste dieses Problem, indem die Effizienz in der Produktion erhöht wurde und es so zu einer allgemeinen Kostensenkung kam. Dabei wurde der Kundenwunsch als oberstes Zweckmäßigkeitkriterium für die Produktion betrachtet. „Das wichtigste Ziel des TPS war die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Produktion durch konsequente und

2 Relevante Terminologien und theoretische Grundlagen

gründliche Beseitigung jeglicher Verschwendung“ (Ohno 1993, S. 19). (Ohno 1993; Womack et al. 1990)

Der Name Lean Production rührt aus dem direkten Vergleich der japanischen Produktionsorganisation mit der in den USA bekannten Massenproduktion. In einer Massenproduktion wurden hoch standardisierte Produkte in großen Stückzahlen hergestellt. Für diese Art der Produktion benötigten die Unternehmen leistungsstarke Maschinen, auf denen jedoch nur eine geringe Anzahl an Varianten gefertigt werden konnte. Damit sich die Investition in solche Anlagen rentierte, mussten diese durchgängig produzieren. Um das zu gewährleisten, wurden viele Puffer, viel Platz und viele Mitarbeiter benötigt. Anders als in der Massenproduktion wurden in der Lean Production flexible Anlagen gebraucht, mit denen viele Varianten in geringeren Stückzahlen gefertigt werden konnten. Um eine solche Produktion betreiben zu können, mussten Mitarbeiter flexibel einsetzbar sein. Sie mussten die Ziele und Methoden der Lean Production verstanden haben und Verantwortung für ihre jeweiligen Einsatzbereiche übernehmen. Des Weiteren ist eine geringe Durchlaufzeit nötig, um schneller auf Änderungen in der Nachfrage reagieren zu können. In der Lean Production wird Perfektion angestrebt. Dies betrifft sowohl die Produktqualität bzw. die Ausschussrate als auch produktionsorganisatorische Aspekte, wie möglichst geringe Lager- und Pufferbestände. In der Massenproduktion wird eine geringe Ausschussrate, jedoch keine Perfektion angestrebt. Die Ausschussrate basiert auf einer für die Massenproduktion gültigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. (Womack et al. 1990, S. 12 ff.)

Das Nutzenversprechen der Lean Production klingt in der Zielsetzung des TPS bereits an. Durch die Identifikation und Beseitigung von Verschwendung kommt es zu einer Effizienzerhöhung, die eine allgemeine Kostensenkung und somit eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit zur Folge hat. Als Verschwendung werden alle überflüssigen Tätigkeiten bezeichnet, die eine Blindleistung darstellen. Für sie werden Materialien, Raum oder Zeit benötigt, ohne dass es zu einer Wertsteigerung am Produkt kommt. Zu den überflüssigen Tätigkeiten zählen zum Beispiel das Suchen nach Teilen, das Warten auf Teile, das Umpacken oder das Sortieren. Bei wertschöpfenden Tätigkeiten, welche eine Nutzleistung darstellen, „werden Materialien oder Informationen so umgewandelt, dass daraus ein Wert für den Kunden entsteht“ (Wiegand et al. 2004, S. 29). Für diesen Wert ist der Kunde bereit zu bezahlen. Die Unterscheidung zwischen Verschwendung und Wertschöpfung hat zur Folge, dass die angestrebte Kostensenkung keine negativen Folgen für die Leistungsfähigkeit der Produktion haben darf. Erlach schreibt: „[...] vielmehr sind nur solche Kosten zu eliminieren, die dem Kunden keinerlei Nutzen bringen, für den er bezahlen würde“ (Erlach 2010, S. 118). Bei der Optimierung einer Produktion nach Lean, muss die Zweckmäßigkeit einer Produktion erhalten bleiben, um eine nachhaltige Gewinnsicherung

zu erreichen. Jeder Prozess wird dementsprechend zunächst auf seine Zweckmäßigkeit, bezogen auf den Kundenwunsch, untersucht. Erst anschließend wird eine Effizienzsteigerung angestrebt. Neben Wertschöpfung und Verschwendung kennt die Lean Production eine dritte Tätigkeitsklasse, die als Scheinleistung, Nebentätigkeit oder notwendige Verschwendung bezeichnet wird. Die Aktivitäten dieser Tätigkeitsklasse tragen nicht direkt zum Kundennutzen bei, werden aber trotzdem benötigt. Hierzu zählen beispielsweise die Prüfung der Qualität eines Produkts oder die Vorbereitung einer Maschine. (Ohno 1993; Womack et al. 1990; Wiegand et al. 2004, S. 29; Erlach 2010, S. 118 ff.)

Im Rahmen der genannten Zielsetzung von TPS bzw. Lean Production wurden von verschiedenen Wissenschaftlern Konzepte und Methoden entwickelt und beschrieben, die für die vorliegende Arbeit relevant sind. Hierbei handelt es sich um die in der Lean Production beschriebenen Verschwendungsarten (vgl. Abschnitt 2.1.1), die Prinzipien für die Gestaltung schlanker Produktionssysteme (vgl. Abschnitt 2.1.2) sowie das auf der Lean Production basierende Wertstromdesign (vgl. Abschnitt 2.1.3).

2.1.1 Verschwendung in der Lean Production

Die Lean Production zielt auf die konsequente und gründliche Beseitigung von Verschwendung ab. Voraussetzung hierfür ist, dass Verschwendung identifiziert werden kann. Um die Identifikation zu unterstützen, wurden bereits von Ohno sieben Arten der Verschwendung benannt. Diese Verschwendungsarten werden im Folgenden als klassische Verschwendungsarten bezeichnet. Verschwendung in Form von **Überproduktion** entsteht, wenn mehr, früher oder schneller produziert wird, als vom Kunden oder Folgeprozess nachgefragt. Die Überproduktion bindet unnötigerweise Arbeitskapazitäten und Materialien. **Materialtransport** ist ebenfalls eine Art von Verschwendung, welche Kapazitäten bindet, Zeit in Anspruch nimmt und die Durchlaufzeit eines Teils steigen lässt. Verschwendung in Form von **Wartezeiten** führt zu längeren Durchlaufzeiten sowie zu Produktivitätsverlusten, sodass Kundenwünsche nicht optimal erfüllt werden können. Eine häufige Ursache für Wartezeiten ist fehlendes Material. In diesem Fall können Produktionskapazitäten nicht optimal eingesetzt werden. Auf der anderen Seite dürfen Wartezeiten nicht mit unnötigen Füllarbeiten überdeckt werden, da es sonst zu Intransparenz auf dem Shopfloor kommt und die Verschwendung gar nicht erst identifiziert werden kann. (Ohno 1993, S. 19, 45 f.; Erlach 2010, S. 119 ff.; Wiegand et al. 2004, S. 24 ff.)

Verschwendung bei der **Bearbeitung** selbst tritt bei ungünstigen Bearbeitungsprozessen auf. Eine ungeeignete Technologie kann hierfür genauso die Ursache sein wie ein schlecht ausgelegtes Betriebsmittel. Bei manuellen Prozessen treten häufig überflüssige **Bewegungen** auf. Ein Grund dafür kann eine mangelhafte Arbeitsplatz-Ergonomie sein. Zu hohe **Lagerbestände** binden unnötigerweise Kapital und benötigen Fläche. Auch der

organisatorische Aufwand, der durch Lagerbestände auftritt, kann eine negative Folge sein. Häufig wird außerdem zusätzliche Lagertechnik und zusätzliches Personal benötigt. Je nach Produkt kann es sogar zu wertvernichtenden Veränderungen kommen. Verschwendung in Form von defekten Produkten bedeutet eine **Fehlleistung**, die ebenfalls wertvernichtend sein kann. Im besten Fall wird lediglich Nacharbeit erforderlich. Wird der Fehler nicht sofort erkannt, werden nachfolgende wertschöpfende Tätigkeiten ebenfalls zu Verschwendung. (Ohno 1993, S. 45 f.; Erlach 2010, S. 119 ff.; Wiegand et al. 2004, S. 24 ff.)

2.1.2 Prinzipien der Lean Production

In der Lean Production haben sich fünf Prinzipien etabliert, welche den Idealzustand eines schlanken Systems beschreiben. Die zwei Prinzipien *kundenorientiert* und *Perfektion anstrebbend* wurden im Kontext der Lean Production bereits genannt. Im Folgenden werden sie mit den drei verbleibenden Prinzipien *wertstromorientiert*, *flussorientiert* und *nachfragegesteuert* vorgestellt.

Das Prinzip *kundenorientiert* besagt, dass der Wert eines Produktes aus Sicht des Kunden präzise zu spezifizieren ist. Bei dieser Betrachtung werden nicht nur Produkteigenschaften und -funktionen definiert, sondern beispielsweise auch Menge und Lieferzeit. Häufig ist es für die Definition des Produktwertes für den Kunden notwendig, dass der Stand der Technik oder das Vorhandensein bestimmter Produktionsanlagen zunächst ignoriert, das heißt nicht in die Betrachtung einbezogen wird. Nur wenn die Bedürfnisse des Kunden mit dem Produkt befriedigt werden können, ist dieser bereit einen angemessenen Preis zu zahlen. Aus diesem Prinzip kann auf das folgende Prinzip der Wertstromorientierung geschlossen werden. (Womack et al. 2003, S. 16 ff.; Wiegand et al. 2004, S. 27)

Das Prinzip *wertstromorientiert* bezieht sich auf die Zweckmäßigkeit eines (Produktions-) Prozesses bezogen auf den Kundenwunsch. Ein wertschöpfender Prozess ist zweckmäßig und bildet gemeinsam mit anderen zweckmäßigen Prozessen den Wertstrom. Alle nicht zweckmäßigen Prozesse sind Verschwendung oder notwendige Verschwendung. Verschwendung ist zu eliminieren; notwendige Verschwendung ist zu reduzieren. (Womack et al. 2003, S. 19 ff.; Wiegand et al. 2004; Erlach 2010, S. 3, 122)

Das Prinzip *flussorientiert* zielt auf die nahtlose Verknüpfung wertschöpfender Prozesse ab. Hierdurch werden Wartezeiten, Doppelarbeit und Puffer vermieden und so die Durchlaufzeit des Produkts verkürzt. Die vorhandenen Kapazitäten werden optimal genutzt. Ein kompletter Wertstrom geht meist über die Grenzen einzelner organisatorischer Einheiten hinaus, sodass dessen vollständige Betrachtung einen Perspektivwechsel bedingt. Als Folge dieses Perspektivwechsels müssen Schnittstellen zwischen organisatori-

schen Einheiten analysiert und gestaltet werden. (Womack et al. 2003, S. 21 ff.; Wiegand et al. 2004, S. 27)

Das Prinzip *nachfragegesteuert* wird auch als Pull-Prinzip bezeichnet. Produkte sollten nach diesem Prinzip nur produziert werden, wenn der Kunde sie benötigt. Des Weiteren sollten sie auch erst zu der Zeit produziert werden, zu der sie vom Kunden nachgefragt werden. Überproduktion und Fehlproduktion sollen so vermieden werden und es werden keine Produkte mehr in den Markt hineingedrückt (Push-Prinzip). (Womack et al. 2003, S. 24 ff.; Wiegand et al. 2004, S. 27)

Das Prinzip *Perfektion anstrebend* zielt darauf ab, dass in der Lean Production kontinuierlich nach Verbesserungsmöglichkeiten gesucht werden sollte. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich das Unternehmensumfeld ändert und neue bzw. veränderte Anforderungen an Produkte und Produktionen gestellt werden. Insbesondere in den wertschöpfenden Prozessen sollte ständig nach einer Verbesserung im Sinne der Effizienz gesucht werden, indem Verschwendung identifiziert und eliminiert wird. (Womack et al. 2003, S. 25 ff.; Wiegand et al. 2004, S. 27)

2.1.3 Wertstromdesign für die Gestaltung schlanker Produktionsprozesse

Die Wertstrommethode ist ein Werkzeug zur Verbesserung des Material- und Informationsflusses, welches auf den Ansätzen der Lean Production basiert. In der deutschen Literatur ist sie insbesondere durch die Werke von Rother et al. (2000), Klevers (2007) und Erlach (2010) vertreten, auf die sich auch der folgende Abschnitt bezieht. Das Ziel der Wertstrommethode ist die Gestaltung eines Soll-Zustands für den Wertstrom einer Produktfamilie. Die Entwicklung dieses Soll-Zustands beginnt jedoch mit der Analyse des Ist-Zustands. Die Wertstrommethode unterteilt sich demnach in die zwei Phasen Wertstromanalyse und Wertstromdesign. Der Wertstrom umfasst nach Erlach „alle Tätigkeiten, die zur Wandlung eines Rohmaterials in ein Produkt notwendig sind“ (Erlach 2010, S. 11). Hierzu gehören produzierende Tätigkeiten, logistische Tätigkeiten und indirekte Tätigkeiten wie beispielsweise die Arbeitsvorbereitung. (Rother et al. 2000, S. 13; Erlach 2010, S. 11)

Nach Erlach (2010, S. 31) erlaubt der Fokus auf den kompletten Wertstrom die Optimierung des kompletten Wertstroms (Vermeidung von Verschwendung), sodass Maßnahmen zur Verbesserung einzelner Prozesse mit Blick auf die gesamte Prozesskette bewertet und umgesetzt werden können. Durch die Reduktion von Verschwendung wird der Fokus auf die Reduktion von Kosten gelegt. „Der Terminus *Verschwendung* legt aber zugleich fest, dass dies gerade nicht zu Lasten der Leistungsfähigkeit gehen darf, sondern vielmehr sind

2 Relevante Terminologien und theoretische Grundlagen

nur solche Kosten zu eliminieren, die dem Kunden keinerlei Nutzen bringen, für den er bezahlen würde“ (Erlach 2010, S. 118).

Die Wertstrommethode unterstützt den Gestaltungsprozess nicht nur durch die in Abschnitt 2.1.2 vorgestellten Gestaltungsprinzipien, sondern auch durch ein Set von Gestaltungsrichtlinien bzw. Leitlinien, die konkrete Anhaltspunkte für die Systemgestaltung liefern. Rother et al. definieren sieben Leitlinien, die von Erlach adaptiert, erweitert und in Form von Gestaltungsrichtlinien formuliert werden. Durch die festgelegte Ordnung der Richtlinien bei Erlach wird außerdem eine Vorgehensweise bei der Gestaltung vorgegeben. Ein Wertstromdesign wird immer von hinten nach vorne, das heißt ausgehend vom Kunden und seinem Kundenwunsch, gestaltet. Dieser Ansatz stammt bereits von Ohno (1993, S. 31 f.) und hat unter anderem den Vorteil, dass die Anforderungen des Kunden so am besten in die Produktion getragen werden können. Jeder der zu gestaltenden Prozesse ist somit Lieferant eines „Kundenprozesses“, an dem sich orientiert werden kann. Diese Vorgabe wird sowohl bei Rother et al. als auch bei Erlach als erste der Leit- bzw. Richtlinien formuliert. Weitere Leit- und Richtlinien adressieren die Verknüpfung und Integration der Prozesse, den Produktionsmixausgleich, der eine reaktionsfähige Produktion zum Ziel hat und verschiedene Aspekte der Produktionsplanung und -steuerung. Der Materialfluss eines Wertstroms soll durch eine Pull-Logik gesteuert werden. Die Fertigungsaufträge werden durch das System gezogen. Hierfür ist es notwendig, dass sie an genau einem Prozess des Wertstroms, dem Schrittmacherprozess, eingesteuert werden. Der mit der Wertstrommethode dargestellte Informationsfluss umfasst lediglich Informationen, welche für die Produktionssteuerung notwendig sind. Andere, für den Wertstrom notwendige Informationen, werden nicht betrachtet. Bei der Darstellung des Informationsflusses wird von einer bedarfsgerechten Informationsversorgung ausgegangen, sie wird nicht explizit gestaltet. (Rother et al. 2000, S. 44 ff.; Erlach 2010, S. 143 ff.)

Die Wertstrommethode bietet neben den Gestaltungsanweisungen eine einfache und zweckmäßige Visualisierung von Wertströmen auf Basis einer intuitiv verständlichen Symbolik. Die schematische Darstellung eines Wertstroms nach Erlach ist in Abbildung 3.2 im oberen Teil zu finden. Die beiden rot dargestellten Elemente Kunde und Lieferant, bilden die Wertstrom- bzw. Systemgrenze. Zwischen ihnen wird die Kette der benötigten Produktionsprozesse in blau dargestellt. Die Prozesse werden anhand von Attributen beschrieben. Im Wertstromdesign gibt es zwei verschiedene Verknüpfungskonzepte (grün), mit denen die Prozesse verbunden werden. In der Abbildung sind die Prozesse 1, 2 und 3 mit einer FIFO-Verkettung, Prozess 3 und der Kunde durch ein Kanbanlager miteinander verbunden. Die Steuerung des Materialflusses entspricht dem abzubildenden Informationsfluss. Im Diagramm ist die Steuerungslogik durch den rückwärts gerichteten gelben Steuerungspfeil dargestellt. Diese Visualisierung kann als Kommunikationswerkzeug innerhalb eines

Unternehmens oder für die Verständigung mit produktionsfremden Partnern verwendet werden. Durch die Einfachheit der Darstellung kann ein gemeinsames Verständnis über verschiedene Ebenen erreicht werden. Dies wird auch dadurch gefördert, dass die kompakte „Art der Modellierung [konzentriert] den Blick auf wesentliche, in der Regel gemittelte Kennwerte“ konzentriert (Erlach 2010, S. 33). Mit der Darstellung kann Transparenz über die Gegebenheiten in der Produktion erreicht werden. (Erlach 2010, S. 8, 32 ff.; Rother et al. 2000, S. 9)

2.2 Terminologien und Theorien aus dem Informationsmanagement

Das Informationsmanagement (IM) hat das Ziel, „den im Hinblick auf die Unternehmensziele bestmöglichen Einsatz der Ressource Information zu gewährleisten“ (Krcmar 2015a, S. 10) und mit der so geschaffenen Transparenz einen Beitrag zum Unternehmenserfolg zu leisten. Die Informationsversorgung erfolgt durch die Gestaltung von Informationssystemen und den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Das IM umfasst mehrere Bereiche, zu denen sowohl Management- als auch Technikdisziplinen gehören. Zu den Bereichen zählen das Management der Informationswirtschaft, das Management der Informationssysteme, das Management der Informations- und Kommunikationstechnik und übergreifende Führungsaufgaben. Die Bereiche sind im Modell des Informationsmanagements in Abbildung 2.1 dargestellt. Der Betrachtungs- bzw. Gestaltungsbereich der vorliegenden Arbeit ist markiert. (Krcmar 2015a, S. 3 ff.; Knauer 2015, S. 30)

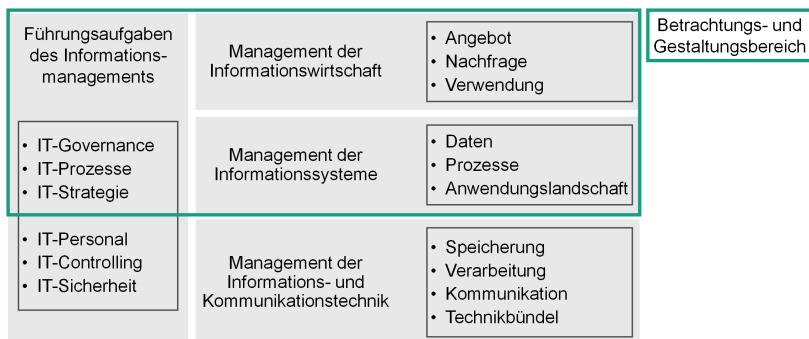


Abbildung 2.1: Modell des Informationsmanagements nach Krcmar (2015b, S. 107)

Das Handlungsobjekt der Informationswirtschaft ist die Information, deren Einsatz geplant, organisiert und kontrolliert wird. Die Informationswirtschaft stellt ein Gleichgewicht zwischen Informationsangebot und Informationsnachfrage her. Da dieses Gleichgewicht dynamisch ist, müssen Informationsangebot und Informationsnachfrage immer wieder aufeinander abgestimmt werden. Auf der Ebene des Informationssystemmanagements entsprechen die verschiedenen Teilsysteme den Handlungsobjekten, deren Lebenszyklen und dazu gehörige Prozesse hier organisiert werden. Das Informationssystemmanagement spezifiziert Anforderungen an die IKT und wird im Gegenzug von ihr unterstützt. „Informations- und Kommunikationstechnik ist die Gesamtheit der zur Speicherung, Verarbeitung und Kommunikation zur Verfügung stehenden Ressourcen sowie die Art und Weise, wie diese Ressourcen organisiert sind“ (Krcmar 2015a, S. 8). Auf dieser Ebene wird die Entwicklung von Anwendungen, sowie die Bereitstellung und Verwaltung der Technikinfrastruktur gemanagt. (Krcmar 2015a, S. 9 ff.; Krcmar 2015b, S. 107 ff.)

Auf die für diese Arbeit relevanten Terminologien des Informationsmanagements soll in den folgenden Abschnitten näher eingegangen werden. Dazu gehören die *Information* als Handlungsobjekt der Informationswirtschaft (Abschnitt 2.2.1), die *Informationsqualität* (Abschnitt 2.2.2) und die Terminologien *Informationsangebot*, *Informationsnachfrage* und *Informationsbedarf* (Abschnitt 2.2.3). Die *Informationslogistik* gilt ebenfalls als Teilbereich des Informationsmanagements bzw. der Informationswirtschaft (Krcmar 2015b, S. 117). Sie wird in den Abschnitten 2.2.4 und 2.2.5 vorgestellt.

2.2.1 Abgrenzung des Informationsbegriffs

„*Information* ist ein weicher, vager, missverständlicher Begriff“ (Rechenberg 2003, S. 317), der insbesondere in seiner Abgrenzung zu den verwandten Begriffen *Zeichen*, *Daten* und *Wissen* kontrovers diskutiert wird. Eine weit verbreitete Sichtweise auf den Informationsbegriff ist die von Krcmar erläuterte Sichtweise des Produktionsfaktors im betrieblichen Leistungserstellungsprozess. Abhängig von ihrer kontextspezifischen und zeitlichen Verwendung kann die Information einen Nutzen stiften. Da Informationen in dieser Sichtweise keine freien Güter sind, haben sie einen Wert. Diese Sichtweise betrachtet den semantischen bzw. den pragmatischen Teil der Information. (Krcmar 2015a, S. 5; Krcmar 2015b, S. 15 f.)

Nach Fuchs-Kittowski stellt die Information jedoch ein Verhältnis von Form (Syntax), Inhalt (Semantik) und Wirkung (Pragmatik) dar. Rechenberg schreibt, dass für die semantische Information ein faktischer Empfänger benötigt wird, denn erst hier entsteht deren Bedeutung. Die semantische Information ist demnach nicht objektiv quantifizierbar. Die Wirkung, die eine Information auf einen Empfänger hat, kann jedoch nutzbringend sein. In diesem Fall erfolgt die Bewertung des Nutzens über die Bewertung der Wirkung. An-

ders als die semantische Information existiert die syntaktische Information unabhängig von einem Empfänger und ist objektiv quantifizierbar. Sie ist ein Maß für die kürzeste Codierung einer Nachricht. (Fuchs-Kittowski 2002, S. 18 f.; Rechenberg 2003, S. 320 ff.)

In der Literatur wird der Begriff der Information teils widersprüchlich zu den Begriffen *Zeichen*, *Daten* und *Wissen* in Beziehung gesetzt und unterschiedlich verwendet. Das aus dem Wissensmanagement stammende Konzept der Wissenstreppe setzt Zeichen, Daten, Informationen und Wissen mit Hilfe eines Treppenmodells in Beziehung (siehe Abbildung 2.2). Den Ausgangspunkt bildet das Zeichen in Form eines Buchstabens, einer Ziffer oder eines Sonderzeichens. Die Zeichen werden mit Hilfe von Ordnungsregeln (Syntax) in einen regelbasierten Zusammenhang gebracht und entsprechen zu Daten. Sie haben die Form einer Zeichenfolge. Die syntaktische Information einer solchen Zeichenfolge ist nach Shannon mathematisch quantifizierbar. Sobald die Zeichenfolge in einem Kontext steht, wird aus ihr eine Information, die dem semantischen Informationsbegriff entspricht. Der Kontext verleiht den Daten eine Bedeutung. Auf der nächst höheren Begriffsebene wird durch die Vernetzung verschiedener Informationen Wissen. Dieses entsteht durch einen individuellen Prozess in einem spezifischen Kontext und ist daher an Personen gebunden. (Shannon 1949; Rechenberg 2003, S. 326; Krcmar 2015b, S. 11 f.; North 2016b, S. 36 ff.)

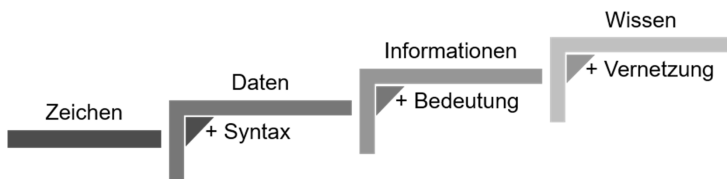


Abbildung 2.2: Die Wissenstreppe in Anlehnung an Krcmar (2015b) und North (2016b)

Ein weiter Ansatz setzt die Begriffe Daten und Information in Beziehung zur Prozesskette im Informationssystem. Nach Strong et al. und Pollack bezieht sich der Begriff *Daten* auf Informationen in einer frühen Verarbeitungsphase. Umgekehrt sind *Informationen* ein aus Daten gewonnenes Produkt aus einer späteren Verarbeitungsphase. Aus Prozesssicht geht der Phase der Informationsgewinnung demnach immer eine Phase der Datenakquisition voraus. Aus diesem Grund verwenden Strong et al. die Begriffe Daten und Informationen synonym. (Strong et al. 1997, S. 38; Pollack 1995, S. 14 f.)

Dieser Arbeit liegt die Sichtweise der *Information als Produktionsfaktor* zugrunde, da die Verfügbarkeit einer Information einen Einfluss auf den betrieblichen Leistungserstellungsprozess hat. Die Information kann, abhängig von Kontext und Zeit, der Produktion einen Nutzen stiften. Des Weiteren hat eine Information einen syntaktischen Wert, eine messbare Wirkung (pragmatischer Wert) und eine subjektiv bewertbare Bedeutung.

Der syntaktische Wert ist bereits zu Beginn einer informationslogistischen Prozesskette existent. Ähnlich wie bei Strong et al. wird der Begriff der Information daher auch dann verwendet, wenn es um die Akquisition von Daten geht, die erst beim Eintreffen bei einem Empfänger eine Bedeutung erhalten und eine Wirkung entfalten. Ein schlankes Informationslogistiksystem richtet sich nach dem Wert einer Information für den Empfänger, mit dem in der vorliegenden Arbeit der pragmatische Wert bzw. die messbare Wirkung der Information gemeint ist.

Informationen sind immateriell und benötigen daher immer ein Medium, welches sie trägt. In Anlehnung an die Norm DIN EN ISO 10209 wird unter einem Medium ein „Mittel zur Speicherung, Darstellung und Weiterleitung von Informationen“ verstanden (Norm DIN EN ISO 10209, S. 15). Nach Fischer et al. wird aus einem Medium ein Trägermedium oder Träger, wenn dieses nicht flüchtig und nicht auf eine ständige Energiezufuhr angewiesen ist (Fischer et al. 2011, S. 215).

2.2.2 Dimensionen der Informationsqualität

Die Informationsqualität (IQ) einer bereitgestellten Information hat einen Einfluss auf die Effektivität und die Effizienz mit der ein Mitarbeiter seine Aufgabe erfüllen kann bzw. auf die Ergebnisgüte einer maschinellen Datenanalyse beispielsweise beim maschinellen Lernen. Das Ziel ist es, Informationsnutzer mit qualitativ hochwertigen Informationen zu versorgen, wobei nach Strong et al. (1997, S. 39) die Informationsqualität dann hoch ist, wenn eine Information „fit for use“, also direkt nutzbar ist. Für die Definition der Informationsqualität gibt es verschiedene Ansätze. Eine häufig verwendete Beschreibung der Informationsqualität ist ihre Beschreibung und Bewertung anhand von 15 Informationsqualitätsdimensionen, welche in Abbildung 2.3 dargestellt sind. Dieser Ansatz wurde 1996 von Wang et al. (1996, S. 20) vorgestellt und von verschiedenen Wissenschaftlern und Gremien weiterentwickelt (vgl. beispielsweise Rohweder et al. (2007) und Hildebrand et al. (2015)). Die Beschreibung der Informationsqualität hat in den letzten 20 Jahren einen Reifeprozess durchlaufen, sodass ihre Definition anhand dieser 15 Dimensionen als Standard verstanden werden kann. Die Informationsqualität gibt nach diesem Ansatz an, in welchem Maß verschiedene Merkmale eines Informationsprodukts unterschiedlichen Anforderungen genügen (Hildebrand et al. (2015, S. 26) zitiert nach Hinrichs (2002, S. 26)).

Die 15 Informationsqualitätsdimensionen werden in vier Kategorien unterteilt. Die vier Dimensionen Hohes Ansehen, Fehlerfreiheit, Objektivität und Glaubwürdigkeit werden der Kategorie **Inhalt (intrinsic)** zugeordnet. Fehlerfreiheit steht hier beispielsweise für die Übereinstimmung einer Information mit der Realität. Vier weitere Dimensionen, die Übersichtlichkeit, die Einheitliche Darstellung, die Eindeutige Auslegbarkeit und die Verständlichkeit gehören in die Kategorie **Darstellung (representational)**. Diese vier



Abbildung 2.3: 15 Dimensionen der Informationsqualität nach Wang et al. (1996), Strong et al. (1997) und Rohweder et al. (2007) (eigene Darstellung)

Dimensionen beziehen sich größtenteils auf die Form einer Information und die Art und Weise ihrer Abbildung. Die fünf Dimensionen Aktualität, Wertschöpfung, Vollständigkeit, Angemessener Umfang und Relevanz fallen in die Kategorie **Nutzung** (*contextual*). In die Kategorie **System** (*accessability*) gehören die zwei Dimensionen Zugänglichkeit und Bearbeitbarkeit. Die Qualität einer Information hat einen Einfluss auf verschiedene Arten von Verschwendung in der Informationsversorgung. Dieser Einfluss wird in Abschnitt 4.2 beschrieben. Alle Dimensionen werden im Anhang (Seite 214) in Anlehnung an Wang et al. und Rohweder et al. detailliert vorgestellt. (Wang et al. 1996; Rohweder et al. 2007)

2.2.3 Informationsangebot, Informationsnachfrage und Informationsbedarf

Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, ist es die Aufgabe der Informationswirtschaft, ein Gleichgewicht zwischen den Teilmengen Informationsangebot und Informationsnachfrage herzustellen. Eine weitere im Informationsmanagement bekannte Teilmenge ist der Informationsbedarf. Ähnlich wie beim Informationsbegriff können auch hier in der Literatur teilweise unterschiedliche Definitionen gefunden werden. Im Folgenden werden daher diese drei betrieblichen Informationsteilmengen voneinander abgegrenzt und für die vorliegende Arbeit definiert. Nach Krcmar umfasst das „Informationsangebot alle verfügbaren unternehmensinternen und unternehmensexternen Informationen, welche zur Deckung des Informationsbedarfs zur Verfügung stehen“ (Krcmar 2015b, S. 122). Augustin beschreibt das Informationsangebot als „alle im betrieblichen Informationssystem vorhandene[n] Informationen“ (Augustin 1990, S. 120). In Jung (2019) wird des Weiteren darauf hingewiesen, dass Informationen des Informationsangebots dem Informationsnutzer ohne zusätzlichen Aufwand zur Verfügung stehen. Das Informationsangebot ist für

2 Relevante Terminologien und theoretische Grundlagen

die vorliegende Arbeit daher wie folgt definiert: **Das Informationsangebot umfasst alle verfügbaren unternehmensinternen und unternehmensexternen Informationen, welche zur Deckung des Informationsbedarfs zur Verfügung stehen. Die Informationen des Informationsangebots stehen dem Informationsnutzer ohne zusätzlichen Aufwand zur Verfügung.**

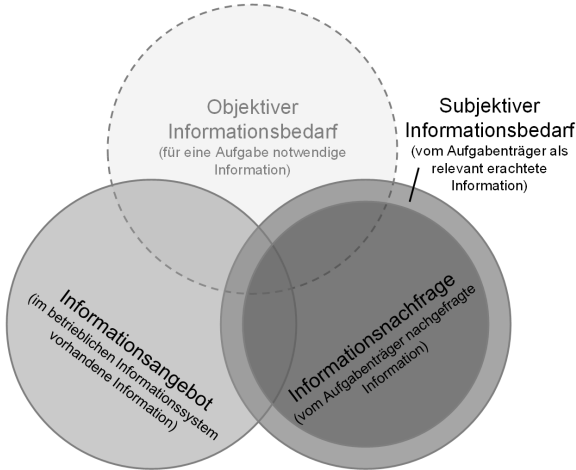


Abbildung 2.4: Informationsteilmengen in Anlehnung an Augustin (1990, S. 120) und Mertens (2001, S. 239)

Die zweite abzugrenzende Informationsteilmenge ist der Informationsbedarf. Augustin definiert den Informationsbedarf als „die Summe aller Informationen [...], die notwendig sind, um einen Informationsprozeß so ablaufen zu lassen, daß das Prozeßziel erreicht werden kann“ (Augustin 1990, S. 118). Anhand dieser Definition wird ersichtlich, dass der Informationsbedarf aus Sicht eines Prozesses bzw. einer Aufgabe definiert wird. Diese Teilmenge hat nach Mertens eine eher theoretische Bedeutung und wird von ihm als objektiver Informationsbedarf bezeichnet. Der subjektive Informationsbedarf (auch subjektives Informationsbedürfnis) wird nach Mertens und Krcmar aus der Perspektive des handelnden Individuums bzw. des Aufgabenträgers definiert. Der subjektive Informationsbedarf umfasst die Informationen, die dem Aufgabenträger relevant erscheinen. Das bedeutet auch, dass verschiedene Personen bei der gleichen Aufgabenstellung unterschiedliche subjektive Informationsbedarfe haben können. Der subjektive Informationsbedarf hängt von personenspezifischen Merkmalen, wie beispielsweise dem aktuellen Wissensstand des Aufgabenträgers ab und beschreibt neben der Art der Information auch ihre Qualität und Menge. Der objektive Informationsbedarf wird in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

Der subjektive Informationsbedarf ist für die vorliegende Arbeit folgendermaßen definiert: **Der subjektive Informationsbedarf umfasst die Summe aller Informationen, die ein Aufgabenträger als relevant für die Erfüllung einer Aufgabe betrachtet. Er beschreibt die Art, Qualität und Menge einer benötigten Information.** (Mertens 2001, S. 238 f.; Krcmar 2015b, S. 121)

Die Informationsnachfrage ist eine Teilmenge des subjektiven Informationsbedarfs und umfasst den tatsächlich geäußerten und in einer Anfrage formalisierten subjektiven Informationsbedarf. Auch die Informationsnachfrage ist abhängig von personenspezifischen Merkmalen. Hierzu gehören beispielsweise die Umgebung und die Arbeitsrolle des Aufgabenträgers, das Wissen über die Existenz einer Quelle bzw. Information und die Vermutung der Relevanz einer Information. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird die Informationsnachfrage für die vorliegende Arbeit folgendermaßen definiert: **Die Informationsnachfrage umfasst den in einer formalisierten Anfrage formulierten subjektiven Informationsbedarf.** (Leckie 1996, S. 182 f.; Meister 2014, S. 33; Krcmar 2015b, S. 124)

In Abbildung 2.4 sind die verschiedenen Informationsteilmengen miteinander in Beziehung gesetzt. In der Schnittmenge von Informationsangebot und subjektivem Informationsbedarf liegen beispielsweise die Informationen, die ein Aufgabenträger als relevant für die Erfüllung seiner Aufgabe erachtet und die im Informationssystem vorhanden sind. Ob diese Informationen nachgefragt werden, ist abhängig vom Informationsnutzer.

2.2.4 Die Logistik der Information

Die von Konsumenten benötigten Objekte werden häufig nicht an dem Ort oder zu der Zeit erzeugt, an dem oder zu der sie benötigt werden. Meist entspricht auch die Menge oder Zusammensetzung nicht den Bedürfnissen der Konsumenten. Aus dieser Grundproblematik resultiert die Aufgabe der Logistik. Für die vorliegende Arbeit spielt die Logistik des Objekts Information, also die Informationslogistik, eine wesentliche Rolle. Da logistische Objekte nicht nur Informationen, sondern auch Sachgüter oder Personen sein können, wird sich der Informationslogistik zunächst von der allgemeinen

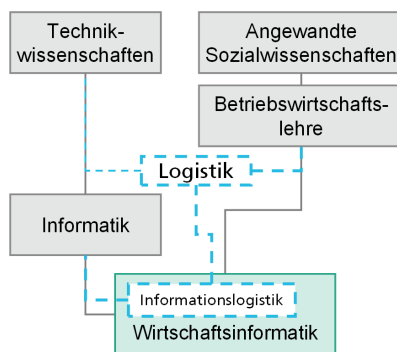


Abbildung 2.5: Die Informationslogistik im Haus der Wissenschaften

2 Relevante Terminologien und theoretische Grundlagen

Logistik genähert. Die Aufgabe der Logistik ist definiert als die „effiziente Bereitstellung der geforderten Mengen benötigter Objekte in der richtigen Zusammensetzung zur rechten Zeit am richtigen Ort“ (Gudehus 2010, S. 3). Arnold et al. (2008, S. 3) erweitern diese Aufgabenstellung um die Aspekte „Gestaltung logistischer Systeme sowie die Steuerung der darin ablaufenden logistischen Prozesse“ (Arnold et al. 2008, S. 3).

Bezüglich der hier beschriebenen Aufgaben der allgemeinen Logistik gleicht die Informationslogistik der Materiallogistik. „Die physikalische Gebundenheit von Information verdeutlicht, dass der Transport von Informationen genauso von logistischen Überlegungen geleitet sein kann, wie der Transport realer Güter“ (Krcmar 2015b, S. 117). Laut ten Hompel überträgt die Informationslogistik logistische Prinzipien auf Informationen und stellt die systemische Verbindung zwischen Logistik und Informatik dar (vgl. Abbildung 2.5). Diese Betrachtungsweise der Informationslogistik impliziert, dass auch die zielorientierte Methoden- und Technologieentwicklung in der Verbindung von Logistik und Informatik eine Teilaufgabe der Informationslogistik ist. (Krcmar 2015b, S. 117; ten Hompel 2020, S. 10)

Materielles Wirtschaftsgut	Information
Hohe Vervielfältigungskosten	Niedrige Vervielfältigungskosten
Angleichung der Grenzkosten an die Durchschnittskosten	Grenzkosten der (Re-)Produktion nahe Null
Wertverlust durch Gebrauch	Kein Wertverlust durch Gebrauch, auch bei mehrfacher Nutzung
Individueller Besitz	Vielfacher Besitz möglich
Wertverlust durch Teilung, begrenzte Teilbarkeit	Kein Wertverlust durch Teilung, fast beliebige Teilbarkeit
Begrenzte Kombinationsmöglichkeiten	Ansammlung schafft bereits neue Qualitäten, weitgehende Möglichkeiten der Erweiterung und Verdichtung

Tabelle 2.1: Vergleich von materiellen Wirtschaftsgütern und Informationen (Krcmar 2015b, S. 16 zitiert nach Pietsch et al. 2004, S. 46)

Einige Unterschiede zwischen der Informationslogistik und der Materiallogistik ergeben sich aus den logistisch zu verarbeitenden Objekten (vgl. Tabelle 2.1). Anders als materielle Wirtschaftsgüter, die hohe Vervielfältigungskosten aufweisen, können Informationen mit wenig Aufwand und daher kostengünstig vervielfältigt werden. Dies führt dazu, dass die Grenzkosten der (Re-)Produktion von Informationen nahezu Null sind. Vervielfältigte Informationen können an unterschiedlichen Orten und von unterschiedlichen Personen zur gleichen Zeit verwendet oder in Besitz genommen werden, solange ihre Logistik dies möglich macht. Informationen werden nicht verbraucht und müssen demnach auch nach

ihrer Nutzung weiter logistisch verarbeitet werden. Auch gibt es, anders als bei materiellen Gütern, keinen Wertverlust durch die Nutzung oder Teilung von Informationen. Materielle Güter weisen eine begrenzte Kombinationsmöglichkeit auf. Der Wert einer Information kann durch Kombination, Selektion oder Konkretisierung verändert werden. (Pietsch et al. 2004, S. 46; Krcmar 2015b, S. 16, 117)

Aufbauend auf dieser Diskussion, wird die Informationslogistik wie folgt definiert: **Die Informationslogistik organisiert als Teil der Informationswirtschaft das Informationsangebot, sodass Informationen den Nutzern ohne zusätzlichen Aufwand zur Verfügung stehen.** Die Aufgabe der Informationslogistik ist die effektive und effiziente Versorgung von Informationsnutzern mit dem Objekt Information. Ihr Ziel ist die Verbesserung von Informationsverfügbarkeit und Informationsdurchlaufzeit (Krcmar 2015b, S. 117). Um dieses Ziel zu erreichen, ist es ebenfalls Aufgabe der Informationslogistik, informationslogistische Systeme zu gestalten und die im System ablaufenden informationslogistischen Prozesse zu steuern.

2.2.5 Anforderungen an die Informationslogistik

Wie in Abschnitt 2.2.4 beschrieben, weisen die logistischen Objekte *Information* und *materielles Gut* grundsätzliche Unterschiede auf. Die Anforderungen an ihre Logistik sind nach Altendorfer-Kaiser et al. jedoch in vielerlei Hinsicht vergleichbar, weshalb das materiallogistische Prinzip der sogenannten 5R¹¹ auch teilweise auf die Informationslogistik übertragbar ist. Wie in der Materiallogistik auch, weisen verschiedene Literaturquellen eine unterschiedliche Anzahl an R's für die Informationslogistik aus. Walter, der eine sehr industrienaher Sichtweise vertritt, nennt beispielsweise die 3R *richtige Information*, *richtige Zeit* und *richtiger Ort*. Neben diesen Anforderungen werden in Literaturquellen mit unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten auch andere Anforderungen an die Informationslogistik in Form von R's genannt. Altendorfer-Kaiser et al. vertritt ähnlich wie Walter einen industrienahen Standpunkt, nennt aber neben den bereits genannten 3R noch die Anforderungen *in der richtigen Form* und *für die richtige Person*. Klußmann betrachtet die Informationslogistik aus einer betriebswirtschaftlichen Perspektive und ist der Meinung, dass die Informationslogistik eine Information zusätzlich *mit der richtigen Verwendbarkeit* und *zu den richtigen Kosten* bereitstellen sollte. Neben diesen Anforderungen wurde von Krampe et al. noch die Anforderung *mit den richtigen Inhalten* genannt. (Krampe et al. 2006, S. 113; Klußmann 2009, S. 21 f.; Altendorfer-Kaiser et al. 2015, S. 19 f.; Walter 2015, S. 16)

Die von Walter genannten 3R werden von allen Autoren beschrieben und bilden eine Schnittmenge. Sie dienen daher für diese Arbeit als Basisanforderungen an die Informationslogistik. Hinzu genommen wird die Anforderung an die *richtige Form* einer

Information. Die Anforderung an die richtige Form ergibt sich aus der Perspektive des Informationsnutzers. Selbst wenn eine Information zur richtigen Zeit am richtigen Ort ist, kann sie für den Informationsnutzer nicht direkt nutzbar sein. Liegt die Information in der richtigen Form vor, bedeutet dies, dass sie für den Informationsnutzer direkt nutzbar ist. Im Duden¹³ ist die Form definiert als die Art und Weise wie etwas vorhanden ist oder erscheint. Nach Meister (2014, S. 39) kann sie sich zum Beispiel auf das Medium beziehen, welches die Information trägt.

Diese vier Hauptanforderungen lassen sich mit Hilfe der in Abschnitt 2.2.2 beschriebenen Dimensionen der Informationsqualität konkretisieren. Wie in diesem Abschnitt beschrieben, gibt es für das Management der Informationsqualität jedoch keine allgemeingültigen Standards oder Vorgaben, weshalb die Informationsqualitätsdimensionen nur als Orientierung bei der Anforderungskonkretisierung dienen können. Der Fokus auf einen speziellen Anwendungsfall erlaubt eine pragmatische Eingrenzung der zu betrachtenden Informationsqualitätsdimensionen. Die richtige Information kann beispielsweise anhand ausgewählter Informationsqualitätsdimensionen der Kategorien *Inhalt* oder *Nutzung* beschrieben werden. Hierzu zählt zum Beispiel die Dimension Fehlerfreiheit. Die richtige Form kann anhand von Informationsqualitätsdimensionen der Kategorie *Darstellung* beschrieben werden, in der es beispielsweise um die Verständlichkeit oder die eindeutige Darstellung einer Information geht.

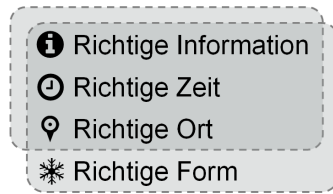


Abbildung 2.6: Anforderungen an die Informationslogistik

2.3 Modellierung informationslogistischer Systeme

Wie in Abschnitt 1.3.1 erläutert, beschreibt der systemtheoretische Ansatz die Sichtweise, aus der Informationssysteme in dieser Arbeit betrachtet und dargestellt werden. Ein grundsätzliches Verständnis der Systemtheorie und der daraus abgeleiteten Systemtechnik ist daher notwendig, um die Entstehung der Lösung und die Lösung an sich nachvollziehen zu können. Dieses Grundverständnis soll mit Abschnitt 2.3.1 erzeugt werden. Aufbauend auf den dort vorgestellten Grundlagen wird das Informationssystem und das Informationslogistiksystem definiert. Auch die Terminologien Modell und Modellierung werden für die Lösung der Arbeit benötigt und daher in Abschnitt 2.3.2 beschrieben. Informationssysteme können unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet, gestaltet und dargestellt werden. Für die Wahl der Modellierungssprache gibt es entsprechend viele Möglichkeiten.

¹³Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.) (Bibliographisches Institut GmbH)

Relevante Sichtweisen und Diagrammtypen werden daher ebenfalls in diesem Abschnitt vorgestellt.

2.3.1 Der Systembegriff in der Systemwissenschaft

Die Systemwissenschaft wird als die interdisziplinäre Wissenschaft vom zweckrationalen Handeln bezeichnet. Sie ist in allen Realwissenschaften anwendbar und zeichnet sich durch formale Strukturiertheit und Zweckorientierung aus. Wie jede andere Wissenschaft kann auch die Systemwissenschaft in einen theoretischen (Systemtheorie) und einen praktischen Teil (Systemtechnik) unterteilt werden. Mit Hilfe der **Systemtheorie** sollen komplizierte bzw. komplexe Zusammenhänge und Verhaltensweisen von Systemen beschrieben und erklärt werden. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden genutzt, um Systeme zu kontrollieren und für die Zukunft besser planen zu können. (Zangemeister 1976, S. 22 ff.; Patzak 1982, S. 8 ff.; Ropohl 2012, S. 10)

Die Durchführung des Planungsprozesses ist Aufgabe der **Systemtechnik**. Sie ist nach Patzak und Zangemeister mit dem Systems Engineering gleichzusetzen. Als anwendungsorientierte Disziplin ist die Systemtechnik ziel- bzw. zweckorientiert. Sie hat die Absicht, ein System „durch Festlegung seiner Struktur so zu gestalten, dass dessen Funktion bestimmte, auf vorgegebenen Motiven (Bedürfnissen) beruhende Ziele erfüllt“ (Patzak 1982, S. 15). Bei der Gestaltung oder Schaffung eines neuen Systems wählen Systemgestalter aus ihrem Wissenspool Elemente aus und setzen diese so in Beziehung, dass das geschaffene System die geforderten Anforderungen bestmöglich erfüllt. Es werden jedoch nur für die Erfüllung eines gegebenen Ziels oder Zwecks benötigte Eigenschaften und Funktionen beachtet. Somit sind Systeme nur für bestimmte Menschen und nur eine begrenzte Zeit relevant. (Zangemeister 1976, S. 20; Patzak 1982, S. 2, 15, 19; Ropohl 2012, S. 54)

Der Betrachtungsgegenstand der Systemwissenschaft ist das **System**. Das Systemverständnis der vorliegenden Arbeit beruht auf den systemtheoretischen Ansätzen von Haberfellner et al., Ropohl und Patzak sowie auf den Ansichten von Hans Ulrich. Wie in Abschnitt 1.3.1 bereits beschrieben, definiert dieser ein System als „eine geordnete Gesamtheit von Elementen, zwischen denen irgendwelche Beziehungen bestehen oder hergestellt werden können“ (Ulrich 1970, S. 105). Patzak spezifiziert diese Definition und beschreibt ein System folgendermaßen: „Ein System besteht aus einer Menge von Komponenten, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Beziehungen miteinander zur Verfolgung gesetzter Ziele verknüpft sind“ (Patzak 1982, S. 19). Laut Ropohl hat ein System eine Funktion, eine Struktur und eine Umgebung. Haberfellner et al. erweitert die Definition dahingehend, dass er einem Systemelement neben Eigenschaften eine Funktion zuweist, welche dem Zweck des Elements entspricht. Systemelemente können ihrerseits Systeme darstellen, die dann als Sub- oder Untersysteme bezeichnet werden. Werden verschiedene

Systeme zu einem neuen System zusammengefasst, wird dieses als Übersystem bezeichnet. Der Begriff der Beziehung bleibt in den genannten Systemdefinitionen vage. Ropohl legt jedoch fest, dass Beziehungen durch den Austausch von Masse, Energie oder Information realisiert werden. Die Information unterteilt Ropohl in „Daten, die vor allem Bedeutungen repräsentieren, und Befehle, die vor allem Zustandsänderungen auslösen“ (Ropohl 2009, S. 95). Die Grundkategorien Masse, Energie und Information können gleichzeitig Input oder Output von Systemelementen oder Systemen sein. (Ulrich 1970, S. 105; Patzak 1982, S. 19; Binner 1987, S. 14; Ropohl 2009, S. 94 ff.; Haberfellner et al. 2015, S. 32 ff.)

Neben den bereits beschriebenen Eigenschaften weisen Systeme weitere Merkmale auf, von denen die Existenz einer Systemgrenze, die Systemkomplexität, die Systemkompliziertheit und die Lernfähigkeit eines Systems relevant für diese Arbeit sind. Mit der Systemgrenze wird ein System von seiner Umgebung abgegrenzt. In der Systemumgebung können sich Elemente oder Systeme befinden, die eine Wirkung auf das System haben oder durch das System beeinflusst werden. Die Systemgrenze kann je nach Perspektive unterschiedlich verlaufen. Ein System kann auch als Blackbox betrachtet werden. In einer solchen Betrachtung sind nur der Zweck des Systems sowie Systemein- und -ausgänge (z.B. Ergebnisse) relevant. Die innere Beschaffenheit des Systems spielt für diese Betrachtung keine Rolle. (Haberfellner et al. 2015, S. 33 ff.)

Die Kompliziertheit eines Systems wird durch die Art und die Anzahl der Systemelemente und Relationen bestimmt. Die Systemkomplexität leitet sich aus der Dynamik oder der Veränderbarkeit eines Systems ab. Die verschiedenen Systemtypen, die sich aus diesen Merkmalen ergeben, sind in Abbildung 2.7 dargestellt. Ein kompliziertes System muss demnach nicht zwangsweise komplex sein. Ein komplexes System ist aber immer auch kompliziert. Durch die Reduktion der Elemente in einem System oder der Typen der Systemelemente kann aus einem komplexen System ein dynamisch kompliziertes System werden. Ein System, welches Erfahrungen speichern und weiterverarbeiten kann, ist lernfähig. Die Lernfähigkeit stellt eine bestimmte Form der Adaptivität dar. (Patzak 1982, S. 29; Haberfellner et al. 2015, S. 38 f.)

2.3.2 Modellierung von Informations- und Informationslogistiksystemen

Für die vorliegende Arbeit werden die genannten Systemdefinitionen miteinander verbunden und für die Beschreibung von Informations- und Informationslogistiksystemen adaptiert. Ein **Informationssystem** besteht demnach aus einer geordneten Gesamtheit von Elementen, welche zur Verfolgung gesetzter Struktur- und Verhaltensziele miteinander in Beziehung stehen oder in Beziehung gesetzt werden können. Das Verhaltensziel entspricht dabei dem Zweck des Informationssystems. Informationssysteme sind „soziotech-

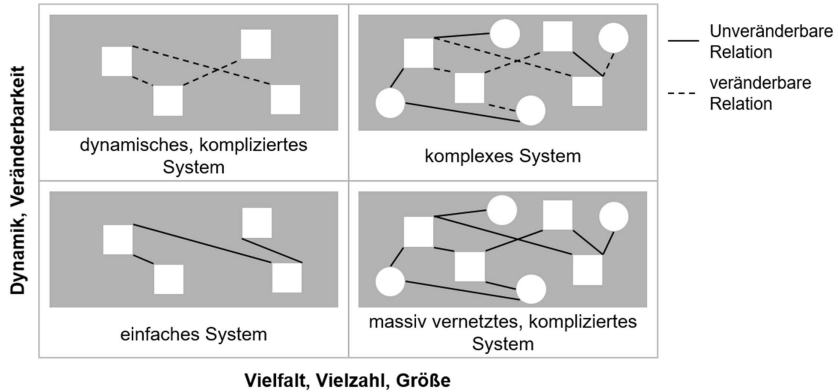


Abbildung 2.7: Systemkomplexität und -kompliziertheit nach Haberfellner et al. (2015, S. 38 f.)

nische Systeme, die menschliche und maschinelle Komponenten [...] umfassen“ (WKWI 2011, S. 1). Daraus folgt, dass Menschen oder Maschinen die Elemente eines Informationssystems repräsentieren. Die maschinellen Elemente werden durch Technik realisiert. Die Beziehungen zwischen den Elementen, welche der Verfolgung gesetzter Verhaltensziele dienen, werden durch Informationsflüsse realisiert. Bei den strukturellen Beziehungen zwischen den Elementen handelt es sich um Bestandteilhierarchien oder Vererbungshierarchien (Specker 2005, S. 32). Ein Informationssystem ist dynamisch, da es einem zeitlichen Wandel unterliegt, was auf eine kontinuierliche Änderung der Systemanforderungen zurückzuführen ist (Specker 2005, S. 27).

Ein Informationssystem kann unter verschiedenen Gesichtspunkten modelliert werden, wobei Specker (2005, S. 33 ff.) vier Gesichtspunkte unterscheidet. Er bezeichnet sie als die prozessorientierte, die funktionsorientierte, die objektorientierte und die aufgaben- oder stellenorientierte Sicht. In der ARIS-Notation (Architektur integrierter Informationssysteme), mit der Geschäftsprozesse modelliert werden können, werden nach Scheer (1992) fünf Sichten unterschieden, die Datensicht, die Steuerungssicht, die Funktionssicht, die Organisationssicht und die Ressourcensicht. Durch den beschriebenen Lösungsansatz wird für diese Arbeit festgelegt, unter welchen Gesichtspunkten ein Informationssystem betrachtet wird bzw. welche Aspekte eines Informationssystems modelliert werden. Die Elemente in einem Informationslogistiksystem entsprechen informationslogistischen Prozessen, die über Informationsflüsse miteinander verbunden sind. Die Primärsicht auf die Informationssysteme ist für diese Arbeit demnach die Prozesssicht. In Anlehnung an Wiegand et al. (2004, S. 16), Specker (2005, S. 35) und die Norm DIN EN ISO 9000 (Norm DIN EN ISO

9000, S. 23) wird ein Prozess als eine sachlogische und zeitliche Abfolge von Operationen definiert, die durch ein bestimmtes Ereignis ausgelöst wird und ein bestimmtes Ergebnis liefert.

Ein unter einem bestimmten Gesichtspunkt modelliertes System wird als Teilsystem bezeichnet und in einem Diagramm eines bestimmten Typs dargestellt. „Ein Modell kann durch ein oder mehrere Diagramme gleichen oder unterschiedlichen Typs repräsentiert werden“ (Seemann et al. 2006, S. 7). Ein Modell ist nach Ropohl die „weniger konkrete Abbildung eines Originals, die mit diesem nur in gewissen Zügen übereinstimmt, also von manchen Eigenheiten des Originals abstrahiert“ (Ropohl 2012, S. 53). In dieser Modelldefinition stecken drei Modellmerkmale, die Stachowiak (1973, S. 131 ff.) als das Abbildungsmerkmal, das Verkürzungsmerkmal und das pragmatische Merkmal bezeichnet. Das Abbildungsmerkmal besagt, dass Modelle lediglich Abbildungen oder Repräsentanten der Originale sind. Das Verkürzungsmerkmal fordert, dass aus der Menge von möglichen Aspekten nur diejenigen in ein Modell aufzunehmen sind, die dem Modellerschaffer oder dem Modellnutzer relevant erscheinen. Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, sind das nach dem systemtechnischen Ansatz die Aspekte, die zur Erfüllung eines gesetzten Verhaltens- oder Strukturziels notwendig sind. Das pragmatische Merkmal beschreibt, dass Modelle nur eine Ersatzfunktion des Originals erfüllen und zwar für eine bestimmte Zielgruppe in einem bestimmten Zeitintervall und für einen bestimmten, mit dem Modell verfolgten Zweck. Ein Modell wird durch den Modellierer beeinflusst. Dies geschieht nach Krcmar (2015b, S. 33) sowohl durch das Beobachten und Gestalten als auch durch dessen subjektive Einstellungen und Interessen.

In Anlehnung an Ropohl werden für die Methode zur Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme zwei Diagrammtypen benötigt, ein Verhaltensdiagramm und ein Strukturdiagramm. In einem **Strukturdiagramm** werden die statischen Komponenten eines Systems dargestellt, bei denen es sich im vorliegenden Fall um informationslogistische Prozesse und deren Verknüpfung untereinander handelt. Im Rahmen der deskriptiven Lösungskomponente sollen sowohl die Prozesse (Gestaltungsbausteine) als auch die Relationen (strukturelle und mögliche funktionale Beziehungen) generisch modelliert werden. In einem **Verhaltensdiagramm** werden Aspekte beschrieben, die sich über die Zeit verändern. Bei der Anwendung der im Rahmen des pragmatischen Ziels zu entwickelnden Gestaltungsmethode soll ein instanziiertes prozessorientiertes Verhaltensmodell des Informationslogistiksystems modelliert werden.

3 Reflexion verfügbarer Ansätze

Im Folgenden werden vorhandene Ansätze für die Gestaltung schlanker Informationssysteme präsentiert und reflektiert. Hierfür werden zunächst Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang vorgestellt (vgl. Abschnitt 3.1), anhand derer die Ansätze bewertet werden. Dies erfolgt gesammelt in Abschnitt 3.5. Für die Evaluation der Lösung werden die Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang spezifiziert und durch formale Modellanforderungen erweitert (vgl. Abschnitt 3.5). Die Spezifizierung erfolgt auf Basis des Lösungsansatzes aus Abschnitt 1.3.1, der in Kapitel 2 vorgestellten Grundlagen sowie der in Abschnitt 3.5 identifizierten Forschungslücke.

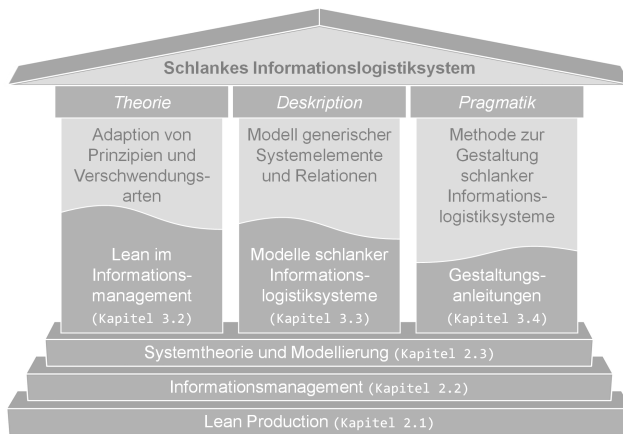


Abbildung 3.1: Theoretische Grundlagen und relevante Lösungsansätze im Überblick

Die vorhandenen Ansätze können dem theoretischen, dem deskriptiven oder dem pragmatischen Wissenschaftsziel zugeordnet werden. Eine Übersicht über die problemrelevanten Theorien aus Kapitel 2 und die vorhandenen Problemlösungsansätze ist in Abbildung 3.1 dargestellt. Im Bereich der theoretischen Lösungskomponente existieren bereits Ergebnisse, auf denen die vorliegende Arbeit aufbaut. Sie werden in Abschnitt 3.2 beschrieben. Relevante Arbeiten, welche die Basis für die deskriptive Lösungskomponente bilden, werden in Abschnitt 3.3 erläutert. Für die pragmatische Lösungskomponente gibt es bisher nur sehr wenige Ansätze. Sie sind in Abschnitt 3.4 dargestellt. Das Feld der existieren-

den Lösungsansätze ist dadurch gekennzeichnet, dass viele der Ansätze in Nachbar- oder Elterndisziplinen der Wirtschaftsinformatik erarbeitet wurden. Daher und aufgrund der relativen Neuheit der Wissenschaftsdisziplin *Wirtschaftsinformatik* werden Terminologien nicht immer einheitlich verwendet. Legt man das Modell des Informationsmanagements von Krcmar zugrunde (vgl. Abbildung 2.1), werden viele der Begriffe in der Literatur sogar missverständlich oder falsch genutzt. Im folgenden Kapitel werden daher die Terminologien von Krcmar verwendet und es wird auf missverständliche Terminologien hingewiesen. Diese Problematik ist auch auf einen weiteren Aspekt zurückzuführen, den Knauer folgendermaßen formuliert: “Es scheint kaum möglich zu sein, mit dem Begriff Information zu hantieren, ohne Gefahr zu laufen, direkt an ‚die IT‘ verwiesen zu werden“ (Knauer 2015, S. 9).

3.1 Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang

Betrachtet werden produzierende Unternehmen, in denen die in Abschnitt 1.1 beschriebene Problemstellung in der Informationsversorgung von Produktionsmitarbeitern vorliegt. Die sich aus diesem Anwendungszusammenhang ergebenden neun Anforderungen werden im Folgenden vorgestellt (vgl. Tabelle 3.1). Die Anforderungen Z1 und Z2 beziehen sich auf das gestaltende Zielsystem. Die Anforderung Z1 adressiert die bedarfsorientierte Informationsversorgung der Produktionsmitarbeiter durch das Zielsystem. Des Weiteren soll auch die Informationsversorgung als solche so schlank (verschwendungsarm) wie möglich sein (Z2). Die Anforderungen A3 und A4 beziehen sich auf die Anwendbarkeit der Lösung. Informationssysteme, die Produktionsmitarbeiter bedarfsgerecht mit Informationen versorgen, müssen gemeinsam von Betriebs- und Informatikingenieuren gestaltet werden. Für die verbesserte Zusammenarbeit von Mitarbeitern der IT- und der Produktionsabteilung wird eine funktionierende Arbeitsnahtstelle¹⁴ benötigt (A3). Die Gestaltung schlanker Informationssysteme ist unabhängig vom Digitalisierungs- bzw. Automatisierungsgrad in der vorliegenden Produktion wichtig. Daher soll die Lösung unabhängig von der genutzten Technik anwendbar sein (A4).

Die Anforderung T5 adressiert die theoretische Lösungskomponente. Jeder Anwender soll Verschwendung in der Informationsversorgung identifizieren können und deren Ursache kennen. Daher soll die Lösung Verschwendung und deren Auftreten in der Informationsversorgung erklären. Nur wenn dieses Verständnis bei Betriebs- und Informatikingenieuren vorhanden ist, kann bei der Gestaltung neuer Informationssysteme auf die Vermeidung von Verschwendung geachtet werden. Die Erklärung dieser Zusammenhänge

¹⁴vgl. Abschnitt 1.3.1 Der Lösungsansatz im Rahmen des Entdeckungszusammenhangs

ist auch deshalb von Bedeutung, da die Ideen der Lean Production im Informationsmanagement erst wenig bekannt sind. Die Anforderung D6 bezieht sich auf die deskriptive Lösungskomponente. Die Lösung ist nur anwendbar, wenn unterschiedliche Informationssysteme vollständig modellierbar sind. Jeder Aspekt vorliegender Informationssysteme muss entsprechend abbildbar sein. Die Anforderungen P7, P8 und P9 adressieren die pragmatische Lösungskomponente. Die graphische Darstellung des zu modellierenden Informationssystems soll Betriebs- und Informatikern Transparenz über das System ermöglichen (P7). Systemgestalter benötigen auch beim Gestaltungsprozess Unterstützung. Eine Handlungsanleitung soll diese geben, indem sie nicht nur ein Vorgehen vorgibt, sondern auch zielorientiert Gestaltungsentscheidungen unterstützt (P8). Anforderung P9 bezieht sich auf die Kompatibilität der zu gestaltenden Lösung mit der Wertstrommethode. Beide Ansätze sollen miteinander vereinbar sein und zusammen passen. Über die Betrachtung des Wertstroms kann der Informationsbedarf definiert werden, den es zu erfüllen gilt.

	Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang
Z1	Das Zielsystem soll Produktionsmitarbeiter unabhängig von ihrer Aufgabe bedarfsorientiert mit Informationen versorgen.
Z2	Die Informationsversorgung der Produktionsmitarbeiter soll schlank sein.
A3	Die Lösung soll die Zusammenarbeit von Mitarbeitern der IT- und der Produktionsabteilung unterstützen.
A4	Die Lösung soll unabhängig vom Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad in der betrachteten Produktion anwendbar sein.
T5	Die Lösung soll Verschwendung und das Auftreten von Verschwendung in der Informationsversorgung erklären.
D6	Informationssysteme für Produktionsmitarbeiter sollen vollständig modellierbar sein.
P7	Die Darstellung des Verhaltensmodells soll Betriebs- und Informatikern Transparenz über das instanziierte Informationssystem ermöglichen.
P8	Die Handlungsanleitung soll die Gestaltung eines schlanken und bedarfsorientierten Informationssystems erlauben und Gestaltungsentscheidungen der beteiligten Systemgestalter in diesem Sinne (zielorientiert) unterstützen.
P9	Die Wertstrommethode und die zu gestaltende Lösung sollen kompatibel sein.

Tabelle 3.1: Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang

3.2 Lean-Ansätze im Informationsmanagement

Hinsichtlich der Kombination von Lean Production und Industrie 4.0 scheint ein Konsens über alle Veröffentlichungen hinweg zu bestehen (vgl. z.B. Buscher 2017; VDMA e.V. 2018; Wiegand 2018) und zwar: „Es geht nur Lean UND Industrie 4.0, nicht Lean ODER Industrie 4.0“ (Wiegand 2018, S. 6). Viele Arbeiten, die Lean und Industrie 4.0 kombinieren,

beantworten daher die Frage, wie Lean-Ansätze mit Hilfe der Digitalisierung unterstützt werden können (vgl. Wagner et al. 2017; Prinz et al. 2018; Schuh et al. 2019). Die für diese Arbeit relevanten Ansätze untersuchen jedoch die Übertragbarkeit bzw. Übertragung der Lean-Prinzipien, inklusive der Betrachtung von Verschwendungsarten, auf Bereiche des Informationsmanagements.

In der Literatur gibt es verschiedene Ansatzpunkte zur Übertragung von Ideen aus der Lean Production auf das Informationsmanagement und die Informationslogistik. Die Basis bildet die Adaption der Zielsetzung der Lean Production, also die Beseitigung jeglicher Verschwendung. Hierfür ist es notwendig, Verschwendung im Informationsmanagement bzw. in Informationssystemen zu beschreiben und zu identifizieren. Relevante Lösungen zu diesem Ansatz werden in Abschnitt 3.2.1 vorgestellt. Auch die Prinzipien der Lean Production wurden für ihren Einsatz im Informationsmanagement diskutiert und teilweise adaptiert. Lösungsansätze hierzu werden in Abschnitt 3.2.2 vorgestellt. Wie in vielen Bereichen des Informationsmanagements wurde auch bei der Verknüpfung von Lean Production und Informationsmanagement im Bereich der Informationstechnik die meiste Forschung betrieben. Neben den allgemeinen konzeptionellen Ansätzen wurde unter dem Begriff *Lean IT* das schlanke IT Management untersucht. Die hier subsumierten Ansätze gehen über die Adaption von Verschwendungsarten und Prinzipien hinaus und adressieren Gestaltungsaspekte, die auch den Lösungsansätzen für die pragmatische Lösungskomponente zugewiesen werden können. Das Lean IT als solches wird jedoch als Managementansatz verstanden, bei dem es um die Realisierung der von Ohno (1993) formulierten Ideen geht. Daher wird Lean IT als Gesamtansatz den Lösungsansätzen für die theoretische Lösungskomponente zugewiesen und in Abschnitt 3.2.3 vorgestellt.

3.2.1 Verschwendung in Informationssystemen

Verschwendung in Informationssystemen muss beschrieben werden, um sie identifizieren zu können. Häufig werden hierfür die klassischen Verschwendungsarten von Ohno übernommen und adaptiert. Meudt et al. (2016a, S. 755) geben einen tabellarischen Überblick über Autoren, welche diesen Lösungsansatz wählen. Hierzu zählen Dittrich, Uckelmann, Altendorfer-Kaiser et al. und Verhagen et al. Bei der Beschreibung der Verschwendungsarten Bestände, Überproduktion, Wartezeit und Fehlleistung vertreten diese Autoren ähnliche Positionen. Überflüssige Informationsbestände und die Speicherung redundanter Informationen sind Verschwendung. Das gleiche gilt für die Erfassung oder Erhebung nicht benötigter Informationen und die hierfür benötigten Ressourcen. Die Verschwendungsart Fehlleistung umfasst alle Verschwendungsarten, die aufgrund mangelnder Informationsqualität auftreten. Verschwendung bei der Bearbeitung tritt auf, wenn Bearbeitungsschritte aus Sicht des Informationsnutzers keinen Mehrwert erzeugen. (Dittrich 2008, S. 20, 35;

Uckelmann 2014, S. 14; Altendorfer-Kaiser et al. 2015, S. 21; Verhagen et al. 2015, S. 311; Wiegand 2018, S. 5 ff.)

Bei den restlichen Verschwendungsarten unterscheiden sich die Meinungen der Autoren. Dittrich (2008, S. 35) setzt den Transport und die Bewegung von Informationen beispielsweise gleich, während für Uckelmann (2014, S. 14) die überflüssige Informationsbewegung ein überflüssiger Transport ist und unter die Verschwendungsart Bewegung überflüssige Tätigkeiten wie die manuelle Erfassung von Informationen fallen. Auch Altendorfer-Kaiser et al. (2015, S. 21) ordnen die manuelle Informationsverarbeitung der Verschwendungsart Bewegung zu. Unter die Verschwendungsart Transport fallen für sie eine zu hohe Anzahl von Schnittstellen und Prozessbeteiligten. Für Wiegand (2018, S. 5) birgt eine Schnittstelle die Gefahr für das Auftreten von Verschwendung. Insbesondere in den Mensch-Mensch- und den Mensch-Maschine- Schnittstellen kommt es laut Dittrich (2008, S. 20) häufig zu Störungen und unbemerkten Fehlern.

Meudt et al. (2016a, S. 754) schreiben, dass die strikte Orientierung an den klassischen Verschwendungsarten auf einen hohen Wiedererkennungswert zurückzuführen ist, die Eigenschaften des logistischen Objekts Information jedoch nicht in Betracht gezogen werden. Dies versuchen andere Autoren wie Hicks, Magenheimer und Chapados, indem sie die klassischen Verschwendungsarten adaptieren, erweitern oder kategorisieren. Chapados (2013) fügt beispielsweise zu viele bzw. zu komplizierte Datenanalysen als Verschwendungsart hinzu. Magenheimer (2014, S. 22 ff.), der sich mit der Bewertung von Verschwendung in indirekten Bereiche beschäftigt, nennt die Blindleistung, den übermäßigen Ressourceneinsatz und die Schnittstellen als zusätzliche Verschwendungsarten. Blindleistung kann in Form von Überinformation oder Überbearbeitung auftreten. Magenheimer versteht unter Überbearbeitung Tätigkeiten, „die das Produkt verändern, aber dessen Wert aus Kundensicht nicht erhöhen“ (Magenheimer 2014, S. 26).

Hicks behält die sieben Verschwendungsarten bei, unterteilt sie jedoch in zwei Kategorien. Die Pendant zu Überproduktion, Wartezeit, Bearbeitung und Fehlleistung ordnet er dem Informationsmanagement zu. Die Gegenstücke zu den Verschwendungsarten Transport, Lagerbestände und Bewegung können nach Hicks nur direkt beim Informationsnutzer auftreten. Überproduktion im Informationsmanagement bezeichnet er als *flow excess*. Hier werden Ressourcen für den Umgang mit zu vielen Informationen gebunden. Diese Tätigkeiten kosten zudem Zeit. *Flow demand* entspricht der Verschwendungsart Wartezeit und betrifft die Zeiten und Ressourcen, welche für die Erfassung der weiterzugehenden Informationen benötigt werden. *Failure demand* umfasst alle Tätigkeiten bzw. die benötigte Zeit für die Überwindung eines Informationsmangels. Diese Verschwendungsart stellt er der klassischen Verschwendungsart Bearbeiten gegenüber. Als letzte, dem Informationsmanagement zugeordnete Verschwendungsart definiert Hicks den *flawed flow*, das Pendant

zur Fehlleistung. Hierunter fallen die Aufwände für die Korrektur bzw. die Verifikation von Informationen sowie alle unnötigen Aufwände, die aus fehlerhaften Informationen resultieren. Zum Transport zählt Hicks die massenhafte Versendung von E-Mails und die damit verbundenen Aufwände, die der Empfänger hat, um zu erfassen, ob die Nachricht relevante Informationen enthält. Die Aufrechterhaltung und Pflege von Archiven mit veralteten Informationen kostet Ressourcen und beeinträchtigt die Informationsnutzer beim Abruf von Informationen aus den Archiven. Einzelplatzlizenzen sorgen dafür, dass sich Informationsnutzer zwischen Arbeitsplätzen bewegen müssen, um die von ihnen benötigten Informationen zu erhalten. (Hicks 2007, S. 241 ff.)

Meudt et al. kategorisieren ebenfalls Verschwendungsarten. Sie orientieren sich dabei an dem Weg „von Zeichen zu Daten über Informationen hin zu Wissen“ (Meudt et al. 2016a, S. 756) und definieren drei Kategorien. In die erste Kategorie sortieren sie Verschwendung, die bei der Datengenerierung und -übertragung auftreten kann. Hierzu zählen beispielsweise eine fehlerhafte Datenauswahl oder nicht ausreichende Datenqualität. In die Kategorie Datenverarbeitung und -speicherung fallen Wartezeiten und Bestände. Die dritte Kategorie ist die Datennutzung. Hierunter fallen Verschwendungsarten, die aufgrund nicht genutzter Ressourcen entstehen. (Meudt et al. 2016a, S. 756 f.)

Aufbauend auf den hier vorgestellten Arbeiten haben einige Autoren Analyseverfahren entwickelt, mit denen Verschwendung identifiziert werden kann. Bei der Wertstromanalyse 4.0 nach Meudt et al. wird zunächst eine klassische Wertstromanalyse durchgeführt. Anschließend wird die Datenbereitstellung, der Datentransport, die Datenverarbeitung und die Datennutzung analysiert und informationslogistische Verschwendung ausgewiesen (Meudt et al. 2016b, S. 320 ff.). Roh et al. (2019, S. 5 ff.) erfassen Informationen, welche in den Wertstrom hinein fließen, im Rahmen von Interviews und stellen sie in einer Art Sequenzdiagramm dar. Die so identifizierbare Verschwendung wird anhand verschiedener Kennzahlen gemessen. Für die Erfassung von in den Wertstrom ein- und ausgehenden Informationen entwickelten Gessert et al. (2019, S. 860 ff.) Leitfragen, die ebenfalls im Rahmen von Mitarbeiterinterviews adressiert werden. Die erfassten Informationsflüsse werden in einem Visualisierungstool transparent dargestellt. Dies ermöglicht ebenfalls die Identifikation von Verschwendung.

3.2.2 Prinzipien schlanker Informationssysteme

Auch die in Abschnitt 2.1.2 vorgestellten Lean-Prinzipien wurden bereits auf das Informationsmanagement übertragen. Auf diesem Gebiet wurde jedoch insbesondere in den letzten fünf Jahren weit weniger geforscht als bei der Adaption der Verschwendungsarten, weshalb die hier vorgestellten Arbeiten weiter zurückreichen. Hicks (2007, S. 244 ff.) schreibt, dass die Prinzipien der Lean Production auf die Information an sich und auf In-

formationssysteme angewendet werden können und adaptiert sie entsprechend. Günthner et al. (2013, S. 11 ff.) beschreiben die Prinzipien allgemein für logistische Systeme und fügen fünf weitere Prinzipien hinzu. Dornberg (2010, S. 57 ff.) adaptiert die vier Prinzipien kundenorientiert, flussorientiert, nachfragegesteuert und Perfektion anstrebend speziell für die Informationslogistik. Die in den genannten Arbeiten beschriebenen Lean-Prinzipien werden im Folgenden pro Prinzip zusammengefasst vorgestellt.

Das Prinzip *kundenorientiert* Der Empfänger einer Information¹⁵ ist der „Kunde“ des Informationslogistiksystems. Er nutzt die Information und bestimmt deren Wert. Eine Information kann für verschiedene Empfänger einen unterschiedlichen Wert haben. Um diesen Wert aus Sicht des Informationsnutzers zu spezifizieren, müssen dessen Informationsbedürfnisse, die sich aus den sogenannten R's der Logistik ergeben (vgl. Abschnitt 2.2.5), analysiert werden. Hierfür können verschiedene Werkzeuge genutzt werden (vgl. Abschnitt 3.4.1). Der Informationsnutzer kann ein interner Kunde wie beispielsweise ein Mitarbeiter oder ein externer Kunde sein. (Hicks 2007, S. 244 f.; Dornberg 2010, S. 59; Günthner et al. 2013, S. 11)

Das Prinzip *wertstromorientiert* Ein Wertstrom umfasst eine Abfolge von Prozessen, die notwendig sind, um den geforderten Kundenwert zu erzielen. Dies sind laut Hicks die Erfassung, die Abbildung, der Austausch, die Organisation, der Abruf und die Visualisierung von Informationen. Der Wertstrom geht auch in der Informationslogistik über Abteilungs- und Firmengrenzen hinaus. Um Verschwendung im Wertstrom zu reduzieren, ist es daher wichtig, dass einzelne informationslogistische Prozessketten integriert sind. Hicks stellt modellhaft den Wertstrom eines Produktionssystems dem Wertstrom eines Informationssystems gegenüber (vgl. Abbildung 3.2). (Hicks 2007, S. 238, 244 f.; Günthner et al. 2013, S. 11 f.)

Das Prinzip *flussorientiert* „Ein Wertstrom beschreibt alle Aktivitäten, die zur Herstellung eines Produkts - im Bereich der Informationslogistik ist das Produkt die Information - notwendig sind“ (Dornberg 2010, S. 59). Mit dem Wertstrom soll ein kontinuierlicher Fluss entstehen. In einem Produktionssystem wird versucht, dies über ein single piece flow zu realisieren. In einem Informationssystem ist es das Ziel, die Informationen möglichst effizient fließen zu lassen und Reibungsverluste im Wertstrom zu eliminieren. (Hicks 2007, S. 245 f.; Dornberg 2010, S. 59; Günthner et al. 2013, S. 13)

¹⁵Hier ist die semantische Information gemeint, welche im Gegensatz zur syntaktischen Information nur über ihre Wirkung quantifizierbar ist (vgl. Abschnitt 2.2.1).

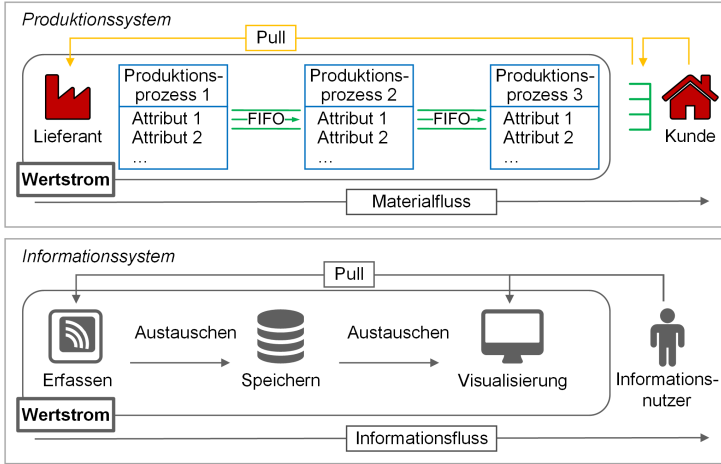


Abbildung 3.2: Material- und informationslogistische Wertströme in Anlehnung an Hicks (2007, S. 238) und Erlach (2010, S. 115 ff.)

Das Prinzip *nachfragegesteuert* Der Wertstrom wird vom Endkunden, dem Informationsnutzer dezentral über das Pull-Prinzip gesteuert. Eine zentrale Steuerung ist nicht notwendig. Dies impliziert, dass über den Wertstrom nur die Informationen bereitgestellt werden, die der Informationsnutzer nachfragt und zwar zu dem Zeitpunkt, an dem er sie nachfragt. (Hicks 2007, S. 245 f.; Dornberg 2010, S. 59; Günthner et al. 2013, S. 13)

Das Prinzip *Perfektion anstrebend* Auch ein schlankes Informationslogistiksystem soll möglichst perfekt gestaltet sein. Hierfür muss das Informationssystem mit seiner technischen Infrastruktur und den einzelnen Prozessen regelmäßig auf erforderliche Änderungen geprüft werden. Da sich die Umgebung über die Zeit ändert, ändern sich auch die Möglichkeiten der Verschwendungsvermeidung. Nach Dornberg müssen für die Umsetzung dieses Prinzips Standards gesetzt und regelmäßig kontrolliert werden. Laut Hicks ist auch das Schulen von Mitarbeitern ein wichtiger Bestandteil zur Umsetzung dieses Prinzips. (Hicks 2007, S. 245 f.; Dornberg 2010, S. 59; Günthner et al. 2013, S. 13 f.)

3.2.3 Lean IT-Management

Mit der Übertragung von Lean-Ansätzen auf einzelne Bereiche des IT-Managements wurde bereits vor 20 Jahre begonnen. Einer der ersten der Lean IT zuzuordnenden Ansätze stammt von Poppendieck (2001), die unter dem Stichwort *Lean Programming* zehn Regeln für den Prozess der Softwareentwicklung präsentiert. Hierzu zählen beispielsweise

die Regeln *Minimize Inventory* (*Minimize Intermediate Artifacts*) oder *Pull from Demand* (*Decide as Late as Possible*). Heute ist die Verbindung von Lean-Ansätzen und IT-Management unter dem Stichwort *Lean IT* zu finden. Dieser Titel ist missverständlich, da viele Autoren eine andere Abgrenzung der Betrachtungsbereiche des Informationsmanagements verfolgen, als die in Abschnitt 2.2 vorgestellte Abgrenzung im Modell von Krcmar. Um diese Problematik darzustellen und für eine bessere Vergleichbarkeit der im folgenden vorgestellten Ansätze wurden diese in das Modell einsortiert (vgl. Abbildung 3.3).

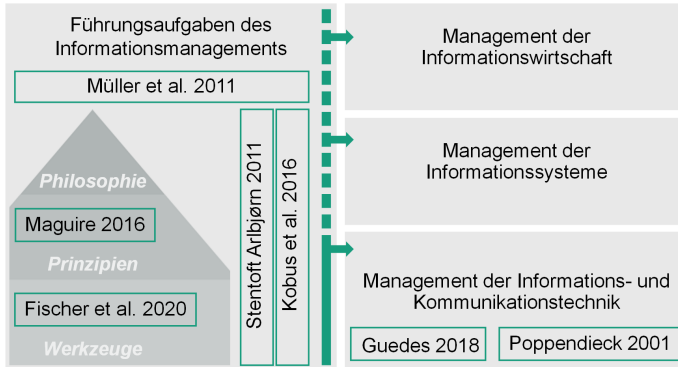


Abbildung 3.3: Vergleich der Lean IT-Ansätze

Guedes (2018, S. 287) formuliert Verschwendungsfaktoren in der Informationstechnik (waste factors). Der von ihm beschriebene Verschwendungsfaktor *Defect* beschreibt beispielsweise einen technischen Fehler, der einen Softwareausfall zur Folge hat. Der Verschwendungsfaktor *Overproduction* bezieht sich auf Entwicklungen, die nicht oder nicht vollständig genutzt werden. Für Kobus et al. (2016, S. 882) ist Lean IT das Lean Management in IT-Organisationen. Nach Müller et al. (2011, S. 72 ff.) fallen hierunter alle direkten und indirekten Prozesse, die im IT-Management notwendig sind, um eine Kundenanfrage zu bearbeiten, also beispielsweise auch das IT-Controlling (vgl. Abbildung A.1). Für diese Bereiche haben Müller et al. (2010, S. 76) ein Lean IT-Haus entwickelt, in dem die Kundenorientierung, der Null-Fehler-Ansatz, das Eliminieren von Verschwendung und der Fokus auf den Mitarbeiter prominent platziert sind (vgl. Abbildung A.2).

Stentoft Arlbjørn (2011) unterteilt Lean in drei Abstraktionsebenen und formuliert, dass ein Unternehmen nur dann „lean ist“, wenn auf jeder der drei Ebenen Lean-Konzepte angewendet werden (Stentoft Arlbjørn 2011, S. 281). Die erste Ebene bezeichnet er als Philosophie-Ebene, die zweite Ebene als Prinzipien-Ebene und die dritte Ebene als Werkzeug-Ebene. Kobus erweitert diesen Ansatz. Die Philosophien und Prinzipien von Lean Management in Produktion und IT weichen demnach kaum voneinander ab (Kobus et al.

2016, S. 883). Maguire (2016, S. 56) sieht das anders. Sie beschreibt Konflikte, die in der Praxis zwischen der klassischen Lean Production und der IT auftreten. Dies betrifft beispielsweise das in der Lean Production bevorzugte Pull-Prinzip und die von den Entwicklungen in der Informationstechnik (IT) getriebene Push-Taktik. Um die Konflikte zu lösen, formuliert Maguire zehn Richtlinien (guidelines), wie beispielsweise die Folgende, die sich auf die Kundenorientierung bezieht: „Ensure the IT Group understands the perspective of their customers - both the end customer and internal customer“ (Maguire 2016, S. 56).

Der Hauptzweck der Werkzeuge ist nach Kobus die Umsetzung von Prinzipien und Philosophie (Kobus 2016, S. 1432). Lean-Werkzeuge lassen sich häufig nicht direkt im IT-Management einsetzen, ihr zugrundeliegendes Konzept jedoch schon (Kobus et al. 2016, S. 883). Eine vollständige Sammlung aller Lean-IT-Werkzeuge gibt es nicht (Kobus et al. 2016, S. 883). Laut Fischer et al. gelten einige Werkzeuge aber bereits als etabliert (Fischer et al. 2020, S. 45 f.). „So stehen agile Vorgehensweisen, wie Scrum in der IT-Applikationsentwicklung, beispielhaft für die Übertragung der Lean-Denkweisen in die IT“ (Fischer et al. 2020, S. 45 f.).¹⁶ Als bereits in die IT übertragen gilt auch die Idee des Kanban-Boards, welches sich in der agilen Softwareentwicklung z.B. als Scrum-Board wiederfindet (Müller et al. 2010, S. 74 ff.).

Die Lean IT adressiert überwiegend den schlanken Weg zum Produkt. Eher zweitrangig wird das schlanke Produkt selbst und der Entstehungsprozess eines schlanken Produkts beschrieben. Aus diesem Grund sind die vorgestellten Ansätze lediglich für das Anwendungsziel relevant, bei dem es um die Zusammenarbeit von Betriebs- und Informatikingenieuren im Gestaltungs- bzw. Produktentwicklungsprozess geht.

3.3 Modelle für die generische Beschreibung schlanker Informationslogistiksysteme

In dieser Arbeit werden Informationssysteme aus logistischer und prozessorientierter Perspektive betrachtet und modelliert (vgl. Abschnitt 2.3). Die Systemelemente entsprechen informationslogistischen Prozessen, die über Informationsflüsse miteinander verbunden sind. Die prozessorientierte Gestaltung von Informationssystemen ist in mehrfacher Hinsicht kein neuer, aber zum Teil ein ungewohnter Ansatz. Informationssysteme können aus unterschiedlichen Perspektiven, unter Zuhilfenahme diverser Sprachen und mit verschiedenen Zielsetzungen modelliert und dargestellt werden. Viele Modellierungssprachen wie

¹⁶Scrum: „Vorgehensmodell der agilen Softwareentwicklung, das davon ausgeht, dass Softwareprojekte aufgrund ihrer Komplexität nicht im Voraus detailliert planbar sind“ (Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2013, S. 165).

3.3 Modelle für die generische Beschreibung schlanker Informationslogistiksysteme

beispielsweise die UML ermöglichen die Darstellung von Informationssystemen aus prozessorientierter Perspektive. Aufgrund der Entwicklungen in der Programmierung hin zur Objektorientierung ist die prozessorientierte Darstellung aber eher unüblich. Um Schnittstellen zu reduzieren, propagieren Autoren wie Wiegand et al. (2004) seit vielen Jahren ein Umdenken hin zur Prozessorientierung. Insbesondere in der informationsgeprägten Administration von Unternehmen soll von einem funktionsorientierten auf einen prozessorientierten Ansatz umgestellt werden. Dies gilt umso mehr für Unternehmen auf dem Weg in die Digitalisierung. „Wer bislang funktionsorientierte Unternehmen in die Digitalisierung schickt, digitalisiert ineffiziente oder instabile Prozesse. Ergebnis: Er digitalisiert Verschwendung“ (Wiegand 2018, S. 5).

Im Rahmen der deskriptiven Lösungskomponente dieser Arbeit sollen generische Systemelemente und Relationen für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme modelliert werden. Ein solches Modell ist in der Literatur nicht vorhanden. Allerdings wurden im Rahmen diverser Arbeiten aus verschiedenen Fachrichtungen und mit unterschiedlichsten Zielsetzungen Prozesse und Funktionen in Informationssystemen definiert. Diese werden in Abschnitt 3.3.1 vorgestellt und kategorisiert. Das Ergebnis umfasst ein Set von fünf informationslogistischen Elementarprozessen. Auch Beschreibungen und Kategorisierungen von Informationsflüssen wurden in verschiedenen Bereichen vorgenommen. Ansätze, die aus konzeptioneller und technischer Sicht das Prinzip *nachfragegesteuert* umsetzen, wurden ebenfalls entwickelt. Sie werden in Abschnitt 3.3.2 vorgestellt. Sowohl die Elementarprozesse aus Abschnitt 3.3.1 als auch die Ansätze aus Abschnitt 3.3.2 bilden die Basis für das im Rahmen der deskriptiven Lösungskomponente entwickelte Strukturmodell.

3.3.1 Beschreibung informationslogistischer Prozesse

Bei der Beschreibung von Operationen, die in einem Informationssystem durchgeführt werden, wird selten unterschieden, ob es sich um Funktionen oder Prozesse handelt. Specker definiert Operationen daher auch als „die in einem gegebenen Analysestadium ‚tiefstliegenden atomaren Handlungseinheiten“ (Specker 2005, S. 33). In einem Modell können Operationen je nach gewünschter Perspektive zu Funktionen oder Prozessen zusammengefasst oder einem Objekt oder einer Aufgabe zugeordnet werden. In der Literatur werden Operationen in Informationssystemen im Rahmen unterschiedlicher Ansätze in verschiedenen Disziplinen diskutiert. Des Weiteren werden unterschiedliche Abstraktions-

3 Reflexion verfügbarer Ansätze

level gewählt. Insgesamt werden für diese Arbeit Operationen aus neun Literaturquellen gesammelt¹⁷.

Im Rahmen der allgemeinen Systemtheorie beschreibt beispielsweise Ropohl (2012, S. 122) für das Informationssystem die drei Funktionen Wandeln, Transportieren und Speichern. Im Handbuch Logistik werden von Arnold et al. (2009, S. 330) insgesamt zehn Grundfunktionen¹⁸ in der Informationsprozesskette definiert. Krcmar (2015b, S. 22) schreibt über das Informationsmanagement und nennt die Operationen Sammlung, Bereitstellung, Nutzung, Kommunikation, Speicherung, Strukturierung, Verarbeitung und Transformation. Aufgrund dieser Diversität wird für die Strukturierung der gesammelten Operationen auf die Methode der *induktiven Kategorienbildung* zurückgegriffen. Wird in der Literatur eine Operation beschrieben, wird mit dieser Operation eine erste Kategorie eröffnet. Passt eine weitere Operation in diese Kategorie, wird sie hinzugenommen. Unterscheiden sich die Operationen, wird eine neue Kategorie eröffnet. Auf diese Weise werden alle Operationen einer Kategorie zugeordnet. Die vollständigen Ergebnisse der induktiven Kategorienbildung sind im Anhang in Abbildung A.3 dargestellt. Eine reduzierte Darstellung der Kategorien ist in Abbildung 3.4 zu finden.

Die induktive Kategorienbildung zeigt, dass die gesammelten Operationen in insgesamt fünf Kategorien einsortiert werden können. Drei der Kategorien entsprechen jeweils einer der von Ropohl in der Systemtheorie definierten Systemfunktionen Wandeln, Transportieren und Speichern. Die Kategorien Informationsquelle und Informationssenke entstehen im Hinblick auf die für diese Arbeit formulierte Zielperspektive, aus der Informationssysteme modelliert werden sollen. In diese Kategorie werden Operationen einsortiert, die aus zeitlicher oder sachlogischer Perspektive „am Anfang“ oder „am Ende“ einer informationslogistischen Prozesskette stehen. In Anlehnung an Hartleif et al. (2017, S. 46) werden die fünf Kategorien im Einzelnen wie folgt beschrieben:

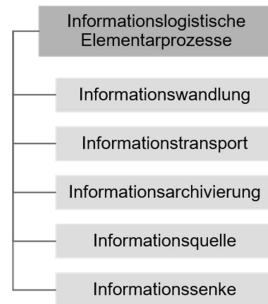


Abbildung 3.4: Informationslogistische Elementarprozesse

Operationen der Kategorie **Informationswandlung** stehen immer in der Mitte einer informationslogistischen Prozesskette. Informationen werden gewandelt, indem sie auf verschiedene Art verarbeitet und dem System wieder angeboten werden. Aus die-

¹⁷Najda (2001, S. 46), Arnold et al. (2009, S. 330), Hicks (2007, S. 245), Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik (WKWI), Ropohl (2012, S. 122), Altendorfer-Kaiser et al. (2015, S. 20), Mohanty et al. (2015, S. 162), Krcmar (2015b, S. 22) und Hartmann et al. (2018, S. 394)

¹⁸generieren (produzieren), identifizieren, verarbeiten (konsumieren), transportieren (übertragen), warten, speichern (puffern), aufbereiten, sortieren (verteilen), bearbeiten, sammeln (konzentrieren)

3.3 Modelle für die generische Beschreibung schlanker Informationslogistiksysteme

sem Grund umfasst die Kategorie auch Operationen wie das Aufbereiten, das Sortieren oder die Analyse. Wichtig ist an dieser Stelle die von Najda (2001, S. 46) vorgenommene Unterscheidung in Transformation und Translation. Bei der Translation ändert sich die Form der Information während ihre Bedeutung gleich bleibt. Bei der Transformation wird eine Information mit anderen Informationen zu einer semantisch neuen Information verarbeitet. Ähnlich wie die Operationen der Kategorie Informationswandlung stehen auch die Operationen der Kategorie **Informationstransport** immer in der Mitte einer informationslogistischen Prozesskette. Sie implizieren, dass eine Information eine räumliche Veränderung erfährt. In diese Kategorie werden Operationen wie die Weitergabe, der Austausch, die Verteilung oder die Kommunikation einsortiert. In die Kategorie **Informationsarchivierung** wird die Funktion Speichern einsortiert. Sie kann zwei verschiedene Bedeutungen haben. Da eine Information immateriell ist, benötigt sie immer ein Medium, welches sie trägt. Das bedeutet, dass eine Information auch bei der Übertragung und der Wandlung kurzzeitig gespeichert wird. Des Weiteren kann eine Speicheroperation dafür sorgen, dass eine Information eine gewisse Zeit bis zur nächsten Nutzung überbrückt (Najda 2001, S. 46; Schönsleben 2001, S. 11). In diese Kategorie werden neben der Speicherung auch die Operationen Organisation, Strukturierung und Entsorgung/Löschung einsortiert. Aus prozessorientierter Sicht bilden diese Operationen eine sachlogische Reihenfolge im Rahmen des Archivierungsprozesses.

In die Kategorie **Informationsquelle** werden Operationen einsortiert, die „am Anfang“ einer informationslogistischen Prozesskette stehen. Hierbei handelt es sich um Operationen, bei denen Informationen entstehen (z.B. Generieren) oder bei denen Informationen aus der Systemumgebung in das betrachtete Informationssystem hinein gehen (z.B. Beschaffung). Diese Operationen können durch eine Informationsquelle bzw. eine Informationsressource realisiert werden, wobei es sich bei Informationsressourcen um mehrfach verwendete Informationsquellen handelt. Informationsressourcen können passiv oder aktiv sein. Passive Ressourcen werden verwendet, wenn es eine direkte Informationsnachfrage von einem Informationsnutzer gibt. Aktive Ressourcen „schieben“ die von ihnen erfassten Informationen in ein Informationssystem hinein. Bei den Operationen „am Ende“ einer informationslogistischen Prozesskette handelt es sich um Operationen, die ein Informationsnutzer ausführt (z.B. abrufen oder nutzen) oder um Operationen, die eine Schnittstelle zu einem Informationsnutzer darstellen (z.B. Bereitstellung). Die Kategorie wird daher als **Informationssenke** bezeichnet.

Diese fünf Kategorien bilden die Basis für die in Kapitel 5 generisch beschriebenen Systemelemente eines schlanken Informationslogistiksystems. Die einzelnen Kategorien werden daher im Folgenden als informationslogistische Elementarprozesse bezeichnet (vgl. Abbildung 3.4), welche verschiedene Operationen umfassen können. Aufbauend auf den

Elementarprozesse werden in Kapitel 4 außerdem die informationslogistischen Verschwendungsarten beschrieben.

3.3.2 Ansätze für die Informationsflusssteuerung und Referenzarchitekturen

Ähnlich wie die Materialflusssteuerung kann auch die Informationsflusssteuerung zur Vermeidung von Verschwendung beitragen. In der Lean Production wird die nachfrageorientierte Steuerung der Materialflüsse als eigenes Prinzip (*nachfragegesteuert*) formuliert. Aspekte der Materialflusssteuerung werden im Wertstromdesign in mehreren Gestaltungsrichtlinien adressiert¹⁹. Die Gestaltung der Objektsteuerung ist demnach ein wichtiger Aspekt bei der Modellierung schlanker Systeme.

Die Steuerung von Informationsflüssen ist kein abgegrenztes Forschungsfeld, sondern wird in vielen Bereichen des Informationsmanagements als Teilaspekt betrachtet. Im Bereich des Wissensmanagements spricht North (2016a, S. 28 f.) beispielsweise von einer kombinierten Push-/Pull-Strategie, welche zur Vermittlung von Informationen und Wissen eingesetzt wird. „Beim ‚Push‘ werden Mitarbeiter (gezielt) mit wichtigen Informationen/Wissen versorgt, während beim ‚Pull‘ Mitarbeiter sich bedarfsgerecht informieren oder das benötigte Wissen aufbauen“ (North 2016a, S. 28). Ansätze für die Informationsflusssteuerung stammen aber auch aus der Lean Production bzw. der Produktionsforschung. In einem Materialflusssystem wird das Material von Informationen gesteuert. In einem Informationssystem steuern Informationen Informationsflüsse. Eine Unterscheidung beider Informationsflüsse wird von Bauernhansl et al. (2018a, S. 134) und Colangelo et al. (2019, S. 542) vorgenommen. Betriebsinformationen werden für den Betrieb der Produktion bzw. des Wertstroms benötigt. Hierzu zählen z.B. Lagerbestände, Taktzeiten und Montageanleitungen. Die Betriebsinformationen müssen bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt, d.h. gesteuert, werden. Informationen, die den Fluss der Betriebsinformationen steuern, werden als Steuerinformationen bezeichnet. Für die Umsetzung konzeptioneller Ansätze aus der Produktionsforschung oder dem Informationsmanagement wird häufig ein spezieller Architekturstil präferiert. Im Folgenden werden daher verschiedene Steuerungsansätze in Kombination mit Architekturstilen vorgestellt, welche für die Steuerung von Informationen in schlanken Systemen verwendet werden können.

Die Interprozesskommunikation beschreibt verschiedene Verfahren des digitalen Informationsaustauschs zwischen Systemen. Es lassen sich drei Methoden unterscheiden, die Request-Reply-Methode, die Callback-Methode und die ereignisbasierte Methode. Bei der Request-Reply-Methode geht die Initiative für den Informationsaustausch vom Empfänger

¹⁹z.B. Kanban-Regelung, Schrittmacherprozess, Festlegung der Freigabeeinheit, Engpass-Steuerung (vgl. Abschnitt 2.1.3 Wertstromdesign für die Gestaltung schlanker Produktionsprozesse)

3.3 Modelle für die generische Beschreibung schlanker Informationslogistiksysteme

aus. Um auf den Sender zugreifen zu können, muss er dessen Adresse kennen und wissen, welche Informationen der Sender zur Verfügung stellt. Bei dieser Methode erreichen die Informationen den Empfänger auf Anfrage, d.h. nachfrageorientiert. Änderungen am System sind jedoch sehr aufwendig. Eine bedarfsgerechte Informationsversorgung bei sich ändernden Informationsbedarfen ist daher schwer zu realisieren. Die Callback-Methode wird auch Publish-Subscribe-Methode genannt. Hier registriert sich der Empfänger beim Sender für ausgewählte Informationen, die er abonniert. Die Initiative für einen Informationsaustausch geht vom Sender aus. Die Informationen werden nur an die bekannte Liste der Abonnenten verschickt. Bei der ereignisbasierten Methode wird beim Eintreten eines Ereignisses eine Information an das ganze Netzwerk geschickt. Die Initiative geht ebenfalls vom Sender aus. Die Empfänger bekommen viele Informationen, die sie nicht benötigen. Aufwände für eine Selektion sind notwendig. (Kolberg 2018, S. 20 ff.)

Die Methoden der Interprozesskommunikation finden in verschiedenen Architekturstilen Anwendung. Die Architektur eines Systems „beschreibt dessen Struktur respektive dessen Strukturen, dessen Bausteine (Software- und Hardware-Bausteine) sowie deren sichtbare Eigenschaften und Beziehungen sowohl zueinander als auch zu ihrer Umwelt“ (Vogel et al. 2009, S. 51). Einer der bekanntesten Architekturstile ist die Serviceorientierte Architektur (SOA). Sie trägt den Dienstleistungsgedanken des Informationssystems im Namen und impliziert daher eine gewisse Kundenorientierung. Bei diesem Architekturstil werden einzelne Dienste als logische und abgeschlossene Einheit gesehen, die ein Ergebnis liefern (Norm ISO IEC 18384-1, S. V). Die Nutzer der Ergebnisse sind sich der internen Strukturen der Dienste nicht bewusst (Norm ISO IEC 18384-1, S. V). Typisch für eine SOA ist die Request-Reply Methode (Bruns et al. 2010, S. 37).

Die ereignisbasierte Methode ist ein jüngerer Ansatz, der im ereignisorientierten Architekturstil Event-Driven Architecture (EDA) mündet. In einer ereignisgesteuerten Architektur rücken Ereignisse in das Zentrum der Softwarearchitektur. „Ereignisgesteuerte Prozesse beruhen auf dem Erkennen von Ereignissen und dem Auslösen einer angemessenen Reaktion“ (Bruns et al. 2010, S. 28). Ereignisquellen senden eine Nachricht über das Eintreten eines Ereignisses. Diese Nachricht enthält keine Informationen über ihre weitere Verarbeitung. Bezogen auf den Ansatz von Bauernhansl et al. (2018a, S. 134) und Colangelo et al. (2019, S. 542) ist dies eine Steuerinformation. Dieser Stil ermöglicht die Gestaltung von Informationskanälen in Echtzeit und in der Konsequenz bessere operative Entscheidungen. „Die beiden Architekturstile SOA und EDA ergänzen sich geradezu ideal, da beide Ansätze [...] das Ziel einer agileren IT-Infrastruktur verfolgen“ (Bruns et al. 2010, S. 38). Die Verbindung der Serviceorientierung und der Ereignisorientierung bezeichnen Bruns et al. (2010, S. 38) als ereignisgesteuerte SOA. (Bruns et al. 2010, S. 4 f., 28 ff., 38)

3.4 Gestaltung schlanker Informationssysteme

Das pragmatische Wissenschaftsziel der Arbeit ist die Entwicklung einer Methode für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme. Bei der Analyse verfügbarer Ansätze wird deutlich, dass es für die Umsetzung des Prinzips *kundenorientiert* bereits konkrete Lösungsansätze mit Handlungsanleitung gibt. Sie drücken sich insbesondere in der Entwicklung von Methoden zur Erhebung des Informationsbedarfs und der Gestaltung von Nutzerschnittstellen aus. Arbeiten aus diesem Bereich werden im Abschnitt 3.4.1 vorgestellt. Für die Gestaltung schlanker informationslogistischer Prozessketten gibt es nur wenige Handlungsanleitungen, von denen die meisten sehr allgemein gehalten sind. Die verfügbaren Ansätze werden in Abschnitt 3.4.2 vorgestellt. Handlungsanleitungen können verschiedene Formen haben und in ihrer Formulierung unterschiedlich abstrakt sein. Bei der Vorstellung werden verfügbare Ansätze als Vorgehensmodell bezeichnet, wenn für die Anwendung der Handlungsanleitung eine Reihenfolge festgelegt ist.

3.4.1 Informationsbedarfsanalyse und Nutzerschnittstellengestaltung

Ansätze für die kundenorientierte Versorgung mit Informationen werden seit vielen Jahre erforscht und (weiter)entwickelt. Unter dem Begriff der *Informationsbedarfsanalyse* werden Methoden zusammengefasst, die sich mit der Frage beschäftigen, wie neben den aktiv geäußerten Informationsnachfragen auch der Informationsbedarf erfasst werden kann. Für die vorliegende Arbeit dient die Informationsbedarfsanalyse der Erhebung der Anforderungen an die Informationslogistik. Die Frage nach den in Abschnitt 2.2.5 gestellten 4R (richtige Information zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Form) muss im Rahmen einer solchen Analyse beantwortet werden. Ist der Informationsnutzer ein Mensch, muss die direkte Schnittstelle zu ihm anders gestaltet werden, als bei einem maschinellen Informationsnutzer. Mit der Schnittstellengestaltung beschäftigen sich verschiedene Disziplinen. Im Rahmen der Digitalisierung können Arbeiten zum Thema Assistenzsysteme, Mensch-Maschine-Schnittstelle, worker information systems und kontextsensitive Systeme dieser Problemstellung zugeordnet werden. Auch bei der Entwicklung neuer Visualisierungstechniken wie der Augmented oder der Virtual Reality werden Erkenntnisse zur Gestaltung der Nutzerschnittstelle erzeugt.

Es gibt viele verschiedene Methoden der **Informationsbedarfsanalyse**, die häufig miteinander kombiniert werden, um Informationsbedarfe ausreichend zu bestimmen. Bereits 1995 trägt Beiersdorf (1995, S. 75 ff.) 28 verschiedene Methoden zur Ermittlung des Informationsbedarfs zusammen. In der Literatur werden häufig induktive und deduktive Verfahren unterschieden. Bei der induktiven Informationsbedarfsanalyse wird der Fokus

auf den subjektiven und damit den personenbezogenen Informationsbedarf gelegt. Der Erfahrung des Einzelnen wird hier Rechnung getragen. Bei der deduktiven Analyse wird der Informationsbedarf aufgabenbezogen erfasst. Die einzelnen Methoden können isoliert oder kombiniert angewendet werden. Isolierte Techniken sind beispielsweise das Interview oder die Aufgabenanalyse. Eine bekannte Methodenkombination ist das Business Systems Planning. Krcmar unterscheidet subjektive, objektive und gemischte Verfahren. Analog zu den induktiven Verfahren werden bei den subjektiven Verfahren die Aufgaben des Informationsnutzers subjektiv interpretiert und die Aufgabenträger nach ihren Informationsbedürfnissen gefragt. Bei den objektiven Verfahren wird eine intersubjektive Analyse der Aufgabe vorgenommen, aus der anschließend Informationsbedarfe abgeleitet werden. Dies entspricht dem Vorgehen bei der deduktiven Analyse. (Holten 1999, S. 120 ff.; Strauch 2002, S. 71 ff.; Krcmar 2015b, S. 124 f.)

Assistenzsysteme für den Menschen liefern im Idealfall „sämtliche relevante[n] Informationen, ohne dass der Nutzer diese manuell anfordern muss“ (Wölflé 2014, S. 90). Der Mensch kann Informationen über fünf Sinne erfassen, wobei jeder Sinn aufgrund der vorhandenen Rezeptoren und Nervenbahnen eine andere Verarbeitungskapazität hat. 87% aller Informationen nimmt der Mensch über das Auge auf (Schenk et al. 2010, S. 43 zitiert nach Küpfmüller 1959). Aus diesem Grund gibt es im Bereich der Visualisierung viele technische Mittel. Meist werden Informationen auf einem Bildschirm oder über eine Lichtprojektion dargestellt. Neuere Technologien umfassen Augmented Reality, Augmented Virtuality oder Virtual Reality Ansätze. Für die generelle Darstellung von Informationen werden in der Norm DIN EN ISO 9241-112 (Norm DIN EN ISO 9241-112, S. 15 ff.) Empfehlungen beschrieben. Hierzu gehören beispielsweise die Grundsätze der Entdeckbarkeit, der Ablenkungsfreiheit, der Unterscheidbarkeit, der Interpretierbarkeit, der Kompaktheit und der Konsistenz. Diese Ansätze werden in der Norm DIN EN ISO 9241-125 (Norm DIN EN ISO 9241-125, S. 15 ff.) für die visuelle Informationsdarstellung weiter spezifiziert.

Lušić et al. klassifizieren die von ihnen als *worker information systems* bezeichneten Assistenzsysteme anhand von neun Dimensionen. In der ersten Dimension geht es um das eingesetzte Kommunikationsmittel. In den weiteren Dimensionen geht es um den Mobilitätsgrad der eingesetzten Technik, die kognitive Belastung des Informationsnutzers, den Grad der Flexibilität, die Quelle der Mitarbeiterinformationen, den Zeitpunkt der Informationsbereitstellung, den Zugang zur Information, die Kommunikationsfähigkeit und das Reality-Virtuality-Continuum. Diese Dimensionen können bei der Gestaltung und technischen Realisierung schlanker Nutzerschnittstellen als Orientierung dienen. Für die Auswahl von *worker information systems* definieren Lušić et al. ein konkretes Vorgehen in sechs Schritten, welches die vom Unternehmen vorgegebenen Rahmen- und Randbe-

dingungen berücksichtigt. Im Kern geht es hier um eine Gegenüberstellung der von ihm klassifizierten Systemeigenschaften mit den zu sammelnden Bedingungen. (Lušić et al. 2016, S. 1114 ff.)

„Neben dem Darstellungsmedium spielen Art, Menge und Gewichtung der darzustellenden Information eine wesentliche Rolle“ (Wölfle 2014, S. 79). Um diese zu definieren, werden die Ergebnisse einer vorab durchgeführten Informationsbedarfsanalyse benötigt. Ein Forschungsfeld, in dem die Repräsentation der Information und die z.T. automatisierte Erfassung des Informationsbedarfs ansatzweise miteinander verbunden wird, beschäftigt sich mit kontextsensitiven Systemen. „Ein kontextsensitives Arbeitsassistenzsystem wird [...] dadurch gekennzeichnet, dass das System sich selbst bzw. die bereitzustellenden Informationen an sich verändernde Umgebungsbedingungen im Arbeitsprozess anpassen kann“ (Wölfle 2014, S. 16). Diese Systeme reagieren demnach auf Veränderungen im Kontext und auf den sich dadurch verändernden Informationsbedarf und passen die von ihnen bereitgestellten Informationen an. Die Erkenntnisse dieses Forschungsfelds können bei der Gestaltung der Informationsflusssteuerung unterstützen. (Wölfle 2014, S. 47 ff.)

3.4.2 Handlungsanleitungen für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme

Ein Vorgehensmodell zur Gestaltung einer schlanken Informationsversorgung ist die Adaption bzw. Erweiterung des Wertstromdesigns. Im klassischen Wertstromdesign wird die Steuerungslogik des Materialflusses gestaltet. Die Identifikation der Schrittmacherprozesse, die Festlegung der Freigabeeinheiten und die Reihenfolge der Aufträge geben bereits einige Hinweise auf die im Wertstrom und in der Steuerung des Wertstroms benötigten Informationen. Hartmann et al. (2018, S. 395 ff.) haben die Gestaltung der Informationsversorgung der am Wertstrom beteiligten Akteure erweitert. In Schritt eins und zwei des Wertstromdesigns 4.0 werden die Informationsbedarfe der Prozesse und der unterstützenden Funktionen erfasst. Hieraus werden die zu liefernden Daten abgeleitet (Schritt drei) und die Speichermedien bzw. Speichersysteme festgelegt (Schritt vier). Im fünften und letzten Schritt wird die Verknüpfung zwischen den Prozessen, den Speichersystemen und der Datennutzung gestaltet. Die Ergebnisse dieser Vorgehensweise werden in einer Wertstromkarte dargestellt. Michalicki et al. (2020, S. 348 ff.) haben ebenfalls ein Wertstromdesign 4.0 entwickelt, welches auf ein Gleichgewicht der in Abschnitt 2.2.3 vorgestellten Informationsteilmengen abzielt. Bei diesem Ansatz werden die klassische Wertstromanalyse und das klassische Wertstromdesign mit dem Ansatz von Hartmann et al. (2018) verknüpft.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgen Wiegand et al. (2007, S. 27 ff.) bei der Optimierung der Informationsflüsse in indirekten Unternehmensbereichen. Hier entstehen keine physi-

schen Produkte, sondern Informationen, weshalb die Prozessketten aus informationslogistischer Perspektive betrachtet werden können. Anhand eines Zehn-Punkte-Plans werden Optimierungspunkte identifiziert²⁰. Die Punkte liefern Gestaltungshinweise, sind jedoch kein Vorgehensmodell. In ihrer Formulierung sind sie eine Mischung aus Prinzipien und Gestaltungsrichtlinien. Ähnliches gilt auch für die vom VDMA e.V. (2018) definierten Leitsätze zur Vermeidung einzelner informationslogistischer Verschwendungsarten. Pro Verschwendungsart wird hier ein Vermeidungsleitsatz vorgestellt (vgl. Abbildung A.4). Zur Vermeidung der Verschwendungsart Datenübertragung heißt es beispielsweise: „Die Anzahl der eingesetzten Speichermedien ist zu reduzieren. Medienbrüche sind zu vermeiden“ (VDMA e.V. 2018, S. 21).

Anders als in diesen zwei Ansätzen stellt Dittrich (2008, S. 41 ff.) ein Vorgehensmodell zur Optimierung der Informationslogistik vor, für das die Prinzipien des Toyota-Produktions-Systems eine wichtige Basis darstellen. Mit dem Zielsystem soll die Zusammenarbeit verschiedener Organisationseinheiten durch gezielten Informationsaustausch verbessert werden. Dieser Ansatz ist nicht prozessorientiert, sondern legt einen Fokus auf Funktionen und auf die Gestaltung der Softwarearchitektur. Bei der Entwicklung des Vorgehensmodells orientiert sich Dittrich an der Konstruktionsmethodik für Produkte aus dem Maschinenbau (vgl. Norm VDI 2221).

3.5 Reflexion verfügbarer Ansätze und Anforderungen an die Lösung

Im Folgenden werden die beschriebenen Lösungsansätze in Bezug auf die in Kapitel 1 vorgestellte Problemstellung sowie die Zielsetzung diskutiert und anhand der Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang (vgl. Abschnitt 3.1) bewertet. Wie in Kapitel 1.2 dargestellt, bauen die einzelnen Komponenten aufeinander auf. Entsprechend können nur die in Abschnitt 3.4.2 vorgestellten Ansätze für die pragmatische Lösungskomponente hinsichtlich einer ganzheitlichen Anforderungserfüllung (Z1 - P9) geprüft werden. Die Lösungsansätze aus den Abschnitten 3.2, 3.3 und 3.4.1 können die Anforderungen nicht vollständig erfüllen, da hier nur Lösungen für die theoretische oder die deskriptive Lösungskomponente sowie für die Gestaltung der Schnittstelle zum Informationsnutzer beschrieben werden.

Die in Abschnitt 3.2 beschriebenen Lösungen zeigen, dass schon vor einigen Jahren mit der Übertragung von Lean-Ansätzen auf das Informationsmanagement begonnen worden ist. Die **Beschreibung von Verschwendung** im Umgang mit Informationen wird unter verschiedenen Gesichtspunkten diskutiert. Die klassischen Verschwendungsarten werden

²⁰Der Zehn-Punkte-Plan ist im Anhang auf Seite 221 dargestellt

für das Management der IT, die Softwareentwicklung, die Software an sich oder ganz allgemein für das Informationsmanagement adaptiert oder neu definiert. Häufig findet bei der Betrachtung jedoch eine Vermischung dieser unterschiedlichen Bereiche des Informationsmanagements statt. Dies führt dazu, dass eine Abgrenzung von Wertschöpfung und Verschwendung in Informations- bzw. Informationslogistiksystemen nicht möglich ist und sich in der wissenschaftlichen Diskussion bisher kein Konsens über Verschwendungsarten entwickelt hat. Neben den genannten Gründen spielt hier auch die relative Neuheit der Wissenschaftsdisziplin *Wirtschaftsinformatik* eine Rolle. Bei der Adaption und Erweiterung der klassischen Verschwendungsarten für verschiedene Bereiche müssen für diese Arbeit die spezifischen Eigenschaften des logistischen Objekts *Information* beachtet werden. Auch die in der Lean Production favorisierte prozessorientierte Sicht auf Systeme muss intensiver genutzt werden. Nur so können die Auswirkungen nicht erfüllter informationslogistischer Anforderungen auf Wertschöpfung und Verschwendung in Informationssystemen erklärt werden.

Neben den Verschwendungsarten wurden auch die **Prinzipien der Lean Production** auf verschiedene Bereiche des Informationsmanagements übertragen. Die Ansätze sind sehr unterschiedlich und erlauben einen breiten Blick auf die Möglichkeiten einer Adaption. Zudem sind die Prinzipien zum Teil nicht sauber voneinander abgegrenzt. Dies gilt beispielsweise für die Prinzipien *wertstromorientiert* und *flussorientiert*. In allen drei vorgestellten Ansätzen fehlt außerdem ein weiterer wichtiger Aspekt, der für die Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems eine ausschlaggebende Rolle spielt: In den hier betrachteten Fällen handelt es sich bei der Informationsversorgung in Industrieunternehmen um eine sogenannte Enabler-Funktion. Das Informationslogistiksystem hat keinen Selbstzweck. Mitarbeiter werden durch die Versorgung mit Informationen dazu befähigt, ihre Tätigkeit auszuüben. Für die vorliegende Arbeit ist eine Diskussion dieser Begebenheit im Rahmen der Adaption von Gestaltungsprinzipien notwendig.

Unter dem Stichwort **Lean IT** wurden Ansätze der Lean Production auf das IT-Management übertragen. Verschiedene Analyse- und Gestaltungswerkzeuge, Richtlinien für die Gestaltung von Softwaresystemen und „Guidelines to drive Lean-IT alignment“ sind das Ergebnis. Sie beschreiben jedoch fast ausschließlich das „Wie“, also den schlanken Weg zum Produkt und umfassen zumeist Management-Ansätze. Häufig werden hier organisatorische Aspekte adressiert. Obwohl in diesem Bereich bereits mehr geforscht wurde als in den anderen vorgestellten Bereichen, gibt es auch hier keine saubere Abgrenzung einzelner Terminologien, sodass alleine der Titel der Lean IT irreführend ist. Unter Berücksichtigung einer sauberen Abgrenzung der einzelnen Bereiche des Informationsmanagements müssen daher Werkzeuge adaptiert werden, welche die Gestaltung eines

schlanken Produkts adressieren. Für den Gestaltungsprozess können die in der Lean IT entwickelten Ansätze verwendet werden.

Im Bereich der Modellierung von Informationssystemen zeigen die vorgestellten Ansätze, dass es bereits viele, teils standardisierte Lösungen gibt. Aus diesem Grund werden verfügbare Ansätze z.T. bereits im Grundlagenkapitel (Abschnitt 2.3) vorgestellt. Auch für die **Modellierung informationslogistischer Prozessketten** gibt es Lösungsansätze. Hierzu zählen alle Darstellungsformen, die eine prozessorientierte Perspektive auf Informationssysteme erlauben. Durch die in der technischen Informatik übliche Objektorientierung liegt der Schwerpunkt vieler Notationen jedoch auf einer objektorientierten Modellierung und weniger auf einer prozessorientierten Perspektive. Keine der vorgestellten Modellierungssprachen bietet die Möglichkeit, den Informationsfluss und vollständig beschriebene Prozesse gemeinsam in einem Diagramm darzustellen. Des Weiteren gibt es keinen Konsens über informationslogistische Elementarprozesse und deren generische Beschreibung. Je nach inhaltlichem Schwerpunkt werden von verschiedenen Autoren verschiedene Elementaroperationen definiert. Für die Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems ist sowohl eine Verständigung über informationslogistische Elementarprozesse als auch ein Diagrammtyp notwendig, in dem Informationsflüsse und instanziierte Elementarprozesse dargestellt werden können. Des Weiteren muss mit Hilfe der modellierten Prozessattribute informationslogistische Verschwendung identifizierbar sein, um diese verhindern zu können. Nur so wird es möglich, eine verschwendungsarme Verknüpfung der informationslogistischen Prozesse sichtbar zu machen und Transparenz über die Beschaffenheit von Schnittstellen zu erzeugen.

Ähnlich wie die Materialflusssteuerung kann auch die **Informationsflusssteuerung** zur Vermeidung von Verschwendung beitragen. Die Steuerung von Informationsflüssen wird auf Konzeptebene insbesondere im Bereich der technischen Informatik erforscht. Im Rahmen der Entwicklung und Beschreibung von Architekturstilen werden beispielsweise verschiedene Methoden der Interprozesskommunikation beschrieben. Dies hat zur Folge, dass die Konzepte nicht auf ihre Eignung für die Gestaltung eines schlanken Informationslogistikkonzepts hin überprüft, sondern häufig nur ihre technische Machbarkeit und der benötigte Ressourceneinsatz betrachtet werden. Für die konzeptionelle Gestaltung der Informationsflusssteuerung in einem schlanken Informationslogistiksystem sind die vorhandenen Lösungen dennoch ausreichend.

Dem Prinzip *kundenorientierung* wird in vielfältiger Weise Rechnung getragen, indem Lösungen für die **Informationsbedarfsanalyse** und die **Nutzerschnittstellengestaltung** entwickelt werden. Diese umfassen sowohl methodische als auch technische Aspekte. Viele dieser Arbeiten adressieren vorrangig die Erhebung und Versorgung mit der *richtigen Information*. Die anderen Anforderungen an die Informationslogistik werden weniger

3 Reflexion verfügbarer Ansätze

ausführlich betrachtet. Die Entwicklung der Nutzerschnittstellen ist sehr technikgetrieben und lässt häufig die Betrachtung des eigentlichen Bedarfs außen vor. Für die Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems ist die Erhebung des richtigen Orts, der richtigen Zeit und der richtigen Form notwendig. Die existierenden Methoden müssen daher um diese Aspekte erweitert werden.

Mit den Arbeiten von Dittrich, Hartmann et al. und Michalicki et al. wurden drei Ansätze entwickelt, in denen ein **Vorgehensmodell für die Gestaltung** einer schlanken Informationsversorgung beschrieben wird. Andere Autoren oder Herausgeber wie Wiegand et al. und der VDMA e.V. formulieren Leitsätze oder richtlinienähnliche Handlungsanleitungen zur Vermeidung von Verschwendung in Informationssystemen. Alle Ansätze basieren auf der Lean Production, weisen aber ein hohes Abstraktionslevel auf oder sind, wie im Fall von Dittrich, nur für einen speziellen Anwendungsfall einsetzbar. Die existierenden Lösungen bleiben abstrakt genug, um auf eine fundierte Verknüpfung der im theoretischen und deskriptiven Bereich existierenden Lösungen verzichten zu können. Diese Verknüpfung ist jedoch zwingend erforderlich als Basis für eine konkrete Gestaltungsmethode. Die dargestellten Vorgehensmodelle müssen aufbauend auf einem solchen Fundament konkretisiert werden, sodass das konsistente „Ineinandergreifen“ der Komponenten transparent und verständlich ist.

		Meudt 2016a, Meudt 2016b, Hartmann 2018	Michalicki 2020	Wiegand 2007	VDMA e.V. 2018	Dittrich 2008
Z1	bedarfsorientierte Informationsversorgung	●	●	○	●	◐
Z2	schlanke Informationsversorgung	◐	◐	◐	◐	●
A3	verbesserte Zusammenarbeit	○	○	○	○	○
A4	technikunabhängig	◐	◐	◐	◐	◐
T5	Verschwendung erklären	◐	○	○	●	◐
D6	empirisch vollständig	◐	◐	●	◐	◐
P7	transparente Darstellung	●	●	◐	●	◐
P8	zielorientierte Gestaltungsentscheidungen	◐	◐	○	◐	○
P9	kompatibel (Wertstrom)	●	●	○	◐	○
		○ nicht adressiert	◐ teilweise erfüllt	● vollständig erfüllt		

Tabelle 3.2: Bewertung verfügbarer Ansätze

Die Matrix in Tabelle 3.2 lässt erkennen, dass keiner der verfügbaren Ansätze die vorgestellten Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang vollständig erfüllt. Insbesondere Anforderung A3 (verbesserte Zusammenarbeit) wird in keinem der Ansätze adressiert. Auch Anforderung P8 (zielorientierte Gestaltungsentscheidungen), welche sich auf die pragmatische Lösungskomponente bezieht, wird nur in drei der Arbeiten teilweise

erfüllt. Die transparente Darstellung von Informationssystemen (Anforderung P7) ist in jeder der Arbeiten adressiert. Auch die bedarfsorientierte Informationsversorgung (Anforderung Z1) spielt in fast allen Ansätzen eine wesentliche Rolle. Eine Ausnahme bilden Wiegand et al., die ihre Informationssysteme unabhängig von konkreten Informationsnutzern funktionsorientiert modellieren. Am besten schneiden die Arbeiten von Hartmann et al. und dem VDMA e.V. ab. Hartmann et al. bauen ihr Vorgehensmodell auf den Arbeiten von Meudt et al. auf (Meudt et al. 2016a; Meudt et al. 2016b). In dieser Kombination werden fast alle Anforderungen teilweise oder vollständig erfüllt. Hervorzuheben ist hier die Kompatibilität der vorgestellten Ansätze mit der Wertstrommethode. Auch die Veröffentlichung des VDMA e.V. bezieht sich auf diese Arbeiten, präsentiert aber eine eigene Beschreibung von Verschwendung. Diese Ausführungen schließen die Diskussion und Bewertung der verfügbaren Ansätze.

Spezifizierte und erweiterte Anforderungen an die Lösung

Aufbauend auf der identifizierten Forschungslücke, den in Kapitel 2 vorgestellten Grundlagen und dem Lösungsansatz werden die Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang spezifiziert und um die drei formalen Modellanforderungen D-f1, D-f2 und D-f3 erweitert. Dies ist für die Evaluation der Lösung erforderlich (vgl. Kapitel 7). Die spezifizierten Anforderungen sind inhaltliche Anforderungen und somit im Anwendungszusammenhang validierbar. Die neu hinzukommenden Modellanforderungen sind formale Anforderungen, die im Rahmen der Verifikation geprüft werden. Die spezifizierten und neuen Anforderungen an die Lösung werden im Folgenden erläutert. Eine Übersicht über alle Anforderungen (Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang und spezifizierte Anforderungen) ist in Abbildung A.3 im Anhang dargestellt.

Für die Evaluation des Zielsystems werden die inhaltlichen Anforderungen Z1 und Z2 spezifiziert. Z1 bezieht sich auf die bedarfsgerechte Informationsversorgung von Produktionsmitarbeitern. Der Begriff *bedarfsgerecht* wird durch die in Abschnitt 2.2.5 beschriebenen Anforderungen an die Informationslogistik spezifiziert. Die Anforderung Z2 bezieht sich auf die in Abschnitt 4.3 formulierte Idealvorstellung eines schlanken Informationslogistiksystems und wird entsprechend spezifiziert.

- Z1** Das Zielsystem soll Produktionsmitarbeiter unabhängig von ihrer Aufgabe mit der richtigen Information in der richtigen Form zur richtigen Zeit am richtigen Ort versorgen (4R).
- Z2** Die Informationsversorgung der Produktionsmitarbeiter soll schlank im Sinne der Sollvorstellung sein.

3 Reflexion verfügbarer Ansätze

Im Hinblick auf die Anwendungsziele werden die inhaltlichen Anforderungen A3 und A4 spezifiziert. Die Spezifizierung erfolgt auf Basis des in Abbildung 1.7 dargestellten Lösungsansatzes zur Erreichung der Anwendungsziele.

- A3** Die Lösung soll eine konzeptionelle Sicht auf das gestaltete Informationssystem ermöglichen und die Zusammenarbeit von Informatik- und Betriebsingenieuren unterstützen.
- A4** Die Lösung soll unabhängig vom Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad in der betrachteten Produktion anwendbar sein. Daher soll das technisch Machbare schon bei der Konzeptionierung überprüft werden können. Das System soll mit wenig Aufwand in ein technisches Konzept überführt werden können.

Für die theoretische Lösungskomponente wird die inhaltliche Anforderungen T5 spezifiziert. Der Lösungsansatz gibt die (logistische) Perspektive vor, aus der das Informationssystem in dieser Arbeit betrachtet wird. Folgende Anforderung leitet sich hieraus für die theoretische Lösungskomponente ab:

- T5** Jede Nichterfüllung einer logistischen Anforderung (4R) kann mindestens einer Verschwendungsart zugeordnet werden.

Für die deskriptive Lösungskomponente werden insgesamt fünf Anforderungen definiert. Sie beziehen sich auf verschiedene Aspekte der empirischen und der formalen Vollständigkeit. Die Anforderung D6 aus dem Anwendungszusammenhang an die empirische Vollständigkeit bezieht sich auf die vollständige Abbildbarkeit von Aspekten der Realität. Die Anforderung wird auf Basis der systemtheoretischen Grundlagen aus Abschnitt 2.3.1 unterteilt. In diesem Abschnitt ist festgelegt, dass es in einem Informationssystem zwei verschiedene funktionale Beziehungen zwischen Elementen geben kann²¹. Beide Beziehungsarten sollen abbildbar sein. Die spezifizierten Anforderungen werden in den Fallstudien in Abschnitt 7.2 validiert. Die drei Anforderungen D-f1, D-f2 und D-f3 sind formale Modellanforderungen und beziehen sich entsprechend auf die formal prüfbare Vollständigkeit des Strukturmodells. Die formalen Anforderungen werden in Abschnitt 7.1 verifiziert. Folgende Anforderungen gilt es zu erfüllen:

- D6.1** Jede eine Information verändernde informationslogistische Prozesskette soll abgebildet werden können.
- D6.2** Die Steuerung relevanter Informationsflüsse soll modelliert werden können.

²¹vgl. Seite 60: „Daten, die vor allem Bedeutungen repräsentieren, und Befehle, die vor allem Zustandsänderungen auslösen“ (Ropohl 2009, S. 95)

- D-f1** Im Strukturdiagramm sollen alle informationslogistischen Elementarprozesse modelliert sein, welche für die Gestaltung eines vollständigen und bedarfsgerechten (4R) Informationslogistiksystems notwendig sind.
- D-f2** Die Prozesse sollen mit Hilfe von Attributen generisch beschrieben sein. Die definierten Verschwendungsarten sollen anhand dieser Attribute im Verhaltensdiagramm transparent gemacht werden können.
- D-f3** Das Strukturdiagramm soll die aus der Literatur bekannten relevanten Informationsflussarten sowie zulässige Verknüpfungen berücksichtigen.

Die inhaltlichen Anforderungen an die pragmatische Lösungskomponente beziehen sich auf die Darstellung des Verhaltensmodells bzw. auf die Gestaltungsmethode. Im Rahmen der Methodenanwendung werden die generisch modellierten informationslogistischen Prozesse des Strukturmodells instanziiert und müssen in einem Verhaltensdiagramm dargestellt werden können. Die Spezifizierung der Anforderung P7 erfolgt auf Basis dieser Überlegung und der systemtheoretischen Grundlagen aus den Abschnitten 2.3.1 und 2.3.2. Die Spezifizierung der Anforderung P8 basiert auf dem Lösungsansatz und der in Abschnitt 4.3 formulierten Idealvorstellung eines schlanken Informationslogistiksystems. Bei der Spezifizierung von Anforderung P9 dient die Definition von *kompatibel*²² als Orientierung.

- P7** Die Darstellung des Verhaltensmodells soll Betriebs- und Informatikingenieuren Transparenz über Struktur und Funktionsweise des instanziierten Informationssystems ermöglichen.
- P8** Die Gestaltungsmethode soll sich an der vorgegebenen Idealvorstellung eines Informationslogistiksystems orientieren und so Gestaltungsentscheidungen der beteiligten Systemgestalter in diesem Sinne (zielorientiert) unterstützen.
- P9** Die Gestaltungsmethode soll als Erweiterung der Wertstrommethode einsetzbar sein. Beide Methoden sollen in ihrer Darstellung und Vorgehensweise zusammen passen.

²²kompatibel: miteinander vereinbar, zusammenpassend (Bibliographisches Institut GmbH 2021)

4 Prinzipien für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme

Der Lösungsansatz dieser Arbeit sieht die Adaption der Prinzipien und der Verschwendungsarten aus der Lean Production für ihren Einsatz in der Informationslogistik vor. Hierfür werden in Abschnitt 4.1 zunächst Wertschöpfung und Verschwendung in einem Informationslogistiksystem voneinander abgegrenzt und zwei sich daraus ergebende Verschwendungskategorien vorgestellt. Die adaptierten Verschwendungsarten werden anschließend in den Abschnitten 4.1.1 und 4.1.2 den Kategorien zugeordnet und beschrieben. Die Informationsqualität kann einen erheblichen Einfluss auf die vorgestellten Verschwendungsarten haben. Dieser Zusammenhang wird in Abschnitt 4.2 anhand verschiedener Beispiele verdeutlicht. Abschließend werden die in Abschnitt 2.1.2 vorgestellten Gestaltungsprinzipien der Lean Production adaptiert und in Abschnitt 4.3 vorgestellt. Mit den Prinzipien wird eine Idealvorstellung der zu gestaltenden Informationslogistiksysteme beschrieben. Diese Idealvorstellung ist nur näherungsweise erreichbar. Die Sollvorstellung leitet sich aus diesem Ideal ab und beschreibt den geplanten und erreichbaren Zielzustand der zu gestaltenden Systeme. Sie baut meist auf vorliegenden Rahmenbedingungen, Randbedingungen und Restriktionen auf, welche das Erreichen eines Idealzustandes ausschließen.

4.1 Wertschöpfung und Verschwendung in Informationslogistiksystemen

Für die Abgrenzung von Wertschöpfung und Verschwendung in der Informationsversorgung wird zunächst der Informationsnutzer getrennt vom restlichen Informationslogistiksystem betrachtet. Diese Betrachtung trägt dem Lean-Prinzip *kundenorientiert* Rechnung und basiert auf der von Hicks (2007, S. 243) vorgenommenen Unterteilung der klassischen Verschwendungsarten in solche, die im Bereich des Informationsmanagements auftreten und solche, die beim Informationsnutzer auftreten (vgl. Abschnitt 3.2.1). Das restliche, dem Informationsnutzer vorgelagerte, aus einer Prozesskette bestehende Informationslogistiksystem wird bei diesem Ansatz zunächst als Blackbox betrachtet (vgl. Abbildung 4.1). In der Informationsversorgung ist der Bedarf des Kunden durch den subjektiven

4 Prinzipien für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme

Informationsbedarf des Informationsnutzers gegeben. Werden Informationsnutzer von einem Informationslogistiksystem zur richtigen Zeit, am richtigen Ort mit den richtigen Informationen in der richtigen Form versorgt, erfüllt das System seinen Zweck. Beim Informationsnutzer tritt keine klassische Verschwendung aufgrund der Informationsversorgung auf. Das als Blackbox betrachtete Informationslogistiksystem arbeitet effektiv. Ob die Informationsversorgung als Gesamtprozess einen wertschöpfenden Charakter hat oder als notwendige Verschwendung gilt, ist abhängig davon, ob die bereitgestellten Informationen ein verkaufsfähiges Produkt darstellen oder nicht. In vielen Branchen gilt die Erzeugung neuer Informationen als Dienstleistung. Der Verkauf von Informationen ist Teil eines Geschäftsmodells und somit wertschöpfend. Die Versorgung von Produktionsmitarbeitern ist notwendige Verschwendung. Ohne die Informationen können die Mitarbeiter ihrer Tätigkeit nicht, nicht effektiv oder nicht effizient nachgehen. Eine Wertsteigerung am Produkt wird durch die Informationsversorgung jedoch nicht erreicht. Erfüllt das Informationssystem seinen Zweck nicht, bedingt es klassische Verschwendung beim Informationsnutzer. Diese klassische Verschwendung wird im Folgenden als Kategorie 1-Verschwendung bezeichnet und resultiert aus dem Verhalten des Systems (vgl. Abbildung 4.1). Verschwendungsarten dieser Kategorie werden in Abschnitt 4.1.1 beschrieben und anhand von Beispielen verdeutlicht.

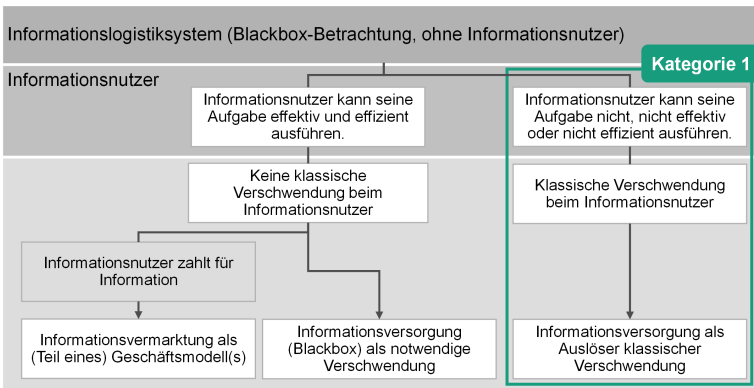


Abbildung 4.1: Wertschöpfung und Verschwendung aufgrund der Informationsversorgung

Unabhängig davon, ob ein Informationslogistiksystem seinen Zweck erfüllt oder nicht, kann es in der dem Informationsnutzer vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette zu Verschwendung kommen. Es gilt demnach, die einzelnen Prozesse und deren Zusammenspiel so verschwendungsarm wie möglich zu gestalten. Kommt es innerhalb der Prozesskette zu Verschwendung, arbeitet das System nicht effizient. Diese Verschwen-

dungsarten resultieren aus der Struktur des Systems und werden im Folgenden als informationslogistische Verschwendung oder Kategorie 2-Verschwendung bezeichnet (vgl. Abbildung 4.2). Informationslogistische Verschwendung kann verschiedene Ausprägungen annehmen. Diese werden in Abschnitt 4.1.2 erläutert. Verschwendungsarten beider Kategorien werden in Abbildung 4.3 anhand eines beispielhaften Informationslogistiksystems dargestellt.

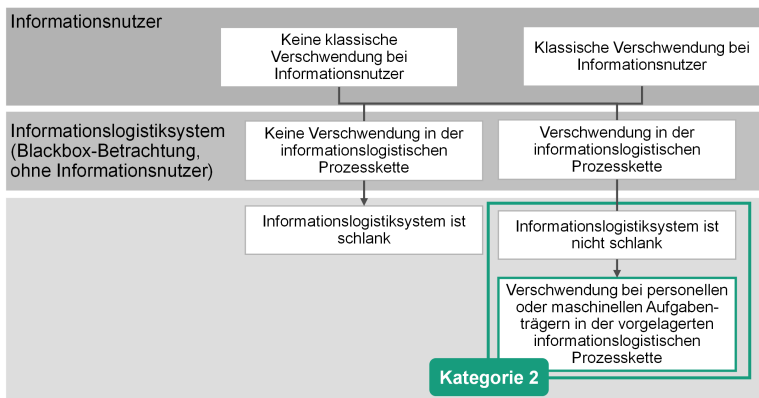


Abbildung 4.2: Verschwendung in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette

4.1.1 Klassische Verschwendung beim Informationsnutzer

Für die Beschreibung der klassischen Verschwendungsarten werden die dem Informationsnutzer vorgelagerten Prozesse des Informationslogistiksystems als Blackbox betrachtet. Klassische Verschwendung tritt beim Informationsnutzer auf, wenn mindestens eine der vier in Abschnitt 2.2.5 vorgestellten Hauptanforderungen an die Informationslogistik nicht erfüllt ist. In diesem Fall kann der Informationsnutzer seine Aufgabe nicht, nicht effektiv oder nicht effizient ausführen. Von den in Abschnitt 2.1.1 vorgestellten klassischen Verschwendungsarten treten drei beim Informationsnutzer als direkte Folge der Informationsversorgung auf (Primärverschwendung). Hierbei handelt es sich um die Verschwendungsarten *Wartezeit*, *Bewegung* und *Fehlleistung*. Je nach Anwendungsfall können die anderen vier klassischen Verschwendungsarten als Folge einer Fehlleistung und dementsprechend als Sekundärverschwendung auftreten. Bei einem Monteur kann eine fehlende Information zu Überproduktion oder zur Produktion von defekten Teilen führen. Bei einem Mitarbeiter der Intralogistik kann eine falsche Information zu langen Transportwegen oder zur Lagerung von Teilen an falschen Orten führen. Bei der überflüssigen *Bewegung* handelt es

4 Prinzipien für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme

sich im klassischen Lean um eine physische Bewegung. In der vorliegenden Arbeit wird zu dieser klassischen Verschwendungsart die überflüssige kognitive Verarbeitung von Informationen hinzugenommen. Dies kann beispielsweise die Interpretation einer Information sein. Die Verschwendungsart *Bewegung* deutet auf einen fehlenden informationslogistischen Prozess hin, den der Informationsnutzer übernehmen muss.

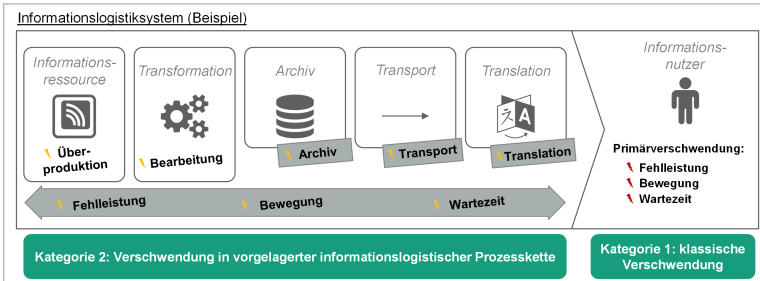


Abbildung 4.3: Übersicht: Klassische und informationslogistische Verschwendungsarten in einem beispielhaften Informationslogistiksystem

Einige Beispiele für klassische Primärverschwendungsarten werden im Folgenden erläutert. Die Beispiele sind so zu verstehen, dass immer nur eine der vier Anforderungen an die Informationslogistik nicht erfüllt ist. Liegt beispielsweise eine falsche Information vor, sind Ort, Zeit und Form der Information richtig. Liegen einem Nutzer **falsche Informationen** vor, kann es zu *Wartezeit*, *Bewegung* oder *Fehlleistung* kommen. In den ersten beiden Fällen ist dem Nutzer bewusst, dass er die falschen Informationen erhalten hat. Er wartet auf die richtigen Informationen, sucht diese oder fordert sie an. Kognitiv verarbeiten muss der Nutzer die falschen Informationen in jedem Fall. Ist dem Nutzer nicht bewusst, dass er falsche Informationen erhalten hat (z.B. fehlerhafte Informationen), kann es passieren, dass er fehlerhafte Entscheidungen trifft.

Erhält ein Nutzer eine Information zu spät (**falsche Zeit**), kommt es zu *Wartezeit*. Zusätzlich kann es passieren, dass ein Nutzer Informationen anfordert oder sucht (*Bewegung*). Im schlimmsten Fall muss der Nutzer eine zeitkritische Entscheidung unter Unsicherheit treffen. Dies kann eine Fehlerquelle sein (*Fehlleistung*). Die Verschwendungsart *Bewegung* liegt auch vor, wenn eine Information zu früh bereitgestellt wird und zu diesem Zeitpunkt keine Relevanz für den Nutzer hat. Eine kognitive Verarbeitung der Information muss trotzdem erfolgen. Des Weiteren muss der Nutzer die Information für sich „archivieren“, d.h. die Information muss bis zu ihrer Nutzung direkt beim Informationsnutzer Zeit überbrücken.

Der richtige Ort einer Information wird in der vorliegenden Arbeit als der physische Ort des Informationsnutzers festgelegt. Im Sinne der in Abschnitt 2.2.1 vorgestellten Ab-

grenzung von Informationsmedium und Informationsträger kann sich eine Information auf einem Informationsträger am richtigen Ort befinden oder durch ein Informationsmedium kurzfristig an diesen Ort gebracht werden (z.B. Darstellung einer Information auf einem Bildschirm). Aufgrund einer am **falschen Ort** zur Verfügung gestellten Information kann es zu den gleichen Verschwendungsarten kommen wie bei einer zu spät zur Verfügung gestellten Information. Allerdings ist auch hier zu unterscheiden, ob dem Informationsnutzer bewusst ist, dass sich die Information am falschen Ort befindet oder nicht. Ist das Bewusstsein vorhanden, kommt es zu physischer *Bewegung*, im anderen Fall zu *Wartezeit* oder *Fehlleistung*.

Haben Informationen die **falsche Form** kann die Verschwendungsart *Bewegung* auftreten. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn der Nutzer die Informationen eigenständig in die richtige Form bringt oder die Informationen in der richtigen Form anfordert. Auch eine *Fehlleistung* kann die Folge einer in der falschen Form vorliegenden Information sein. Dies ist meist auf eine Fehlinterpretation zurückzuführen.

4.1.2 Verschwendung in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette

Alle sieben klassischen Verschwendungsarten können in der dem Informationsnutzer vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette auftreten. Ein Überblick über alle informationslogistischen Verschwendungsarten ist in Abbildung 4.5 dargestellt. Die *Wartezeit*, die *Fehlleistung* und die *Bewegung* unterscheiden sich nicht von ihren gleichnamigen klassischen Verschwendungsarten. Statt beim Informationsnutzer treten sie jedoch bei personellen oder maschinellen Aufgabenträgern in der vorgelagerten, informationslogistischen Prozesskette auf. Die Verschwendungsart *Bewegung* kann bei personellen und maschinellen Aufgabenträgern unterschiedliche Formen annehmen. Wie bei der klassischen Verschwendungsart *Bewegung* kann es sich bei personellen Aufgabenträgern um physische oder kognitive Bewegung handeln. Beispielsweise muss eine Information interpretiert oder in einem Stapel Papier gesucht werden. Kognitive Bewegung kann bei einem rein maschinellen Aufgabenträger nicht auftreten. Ein Suchvorgang ist dagegen möglich.

Für die Erklärung der anderen vier informationslogistischen Verschwendungsarten ist eine detailliertere Ausführung notwendig, welche anhand einer Weiterentwicklung der in Abschnitt 3.3.1 beschriebenen Prozesskategorien vorgenommen wird. Sie ist in Abbildung 4.4 dargestellt. Die Änderung an den Prozesskategorien ist auf die Definition der verschiedenen Verschwendungsarten in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette zurückzuführen. Anders als in Abschnitt 3.3.1 werden Transformationen und Translationen getrennt voneinander betrachtet. Die **Transformation** wird neben dem **Archiv** und der **Schnittstelle** auf Ebene der systeminternen Prozesse als eigenständiger Prozess

modelliert. Die **Translation** stellt einen der zwei möglichen Schnittstellenprozesse dar. Der zweite Schnittstellenprozess ist der **Transport**.

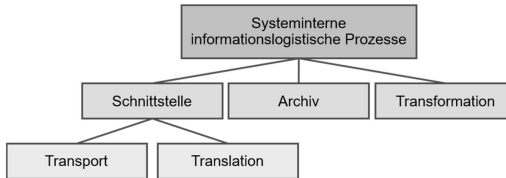


Abbildung 4.4: Systeminterne informationslogistische Prozesse

Die Prozesse **Transport**, **Translation** und **Archiv** können als solche Verschwendung oder notwendige Verschwendung sein. Dies bedeutet, dass sie unter bestimmten Umständen ihre Daseinsberechtigung haben. Sind diese Umstände gegeben, sind die Prozesse notwendige Verschwendung²³. Andernfalls gelten die Prozesse als Verschwendung. Prozesse der Kategorie **Archiv** sind notwendig, wenn zwischen der Entstehung und der Nutzung einer Information Zeit vergeht (vgl. Abschnitt 3.3.1). Dies impliziert, dass die archivierten Informationen noch genutzt werden. Ist dies nicht der Fall, ist der Archivierungsprozess Verschwendung. Kann eine Information zu einem späteren Zeitpunkt erfasst werden, sodass zwischen der Entstehung und der Nutzung keine Zeit vergeht, ist der Prozess zu diesem Zeitpunkt ebenfalls Verschwendung. Auch die doppelte Archivierung einer Information ist eine Verschwendungsart. Die informationslogistische Verschwendungsart *Archiv* ist vergleichbar mit der klassischen Verschwendungsart *Lagerbestände*.

Aus technischer Sicht wird für die Archivierung einer Information ein Medium oder ein Träger benötigt. Der Träger oder das Medium muss finanziert werden. Des Weiteren ist für die Nutzung eines Mediums ein Energieaufwand notwendig. Die überflüssige Archivierung von Informationen führt außerdem zu einer höheren Komplexität in der Organisation des Archivs und zu einer stärkeren Belastung der Archivierungskapazitäten. Informationsarchive werden auch als Informationssilos bezeichnet und stellen insbesondere in großen und international agierenden Konzernen einen Nachteil dar. Hier werden Informationen schon alleine deswegen doppelt archiviert, da bestimmte Sachverhalte häufig unterschiedlich definiert werden. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn es über Länder oder Abteilungsgrenzen hinweg geht. (Knauer 2015, S. 6)

Eine **Translation** impliziert die Veränderung der Form einer Information. Die Bedeutung und der Ort der Information verändert sich in diesem Prozess nicht. Eine Translation wird benötigt, wenn die nachgefragte Information in der nachgefragten Form in vorgelagerten Prozessen nicht informationslogistisch verarbeitet werden kann. Andernfalls ist

²³In der Lean Production wird die notwendige Verschwendung auch als Nebentätigkeit bezeichnet.

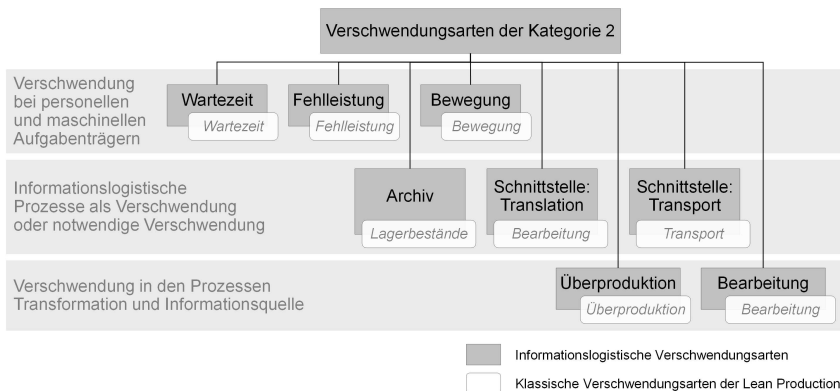


Abbildung 4.5: Verschwendung in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette

sie Verschwendung. Wichtige Beispiele für die Änderung der Form sind die Änderung der Syntax (z.B. Sprache) oder die Änderung des Mediums oder des Trägers einer Information (z.B. Ausdrucken einer digital archivierten Information auf Papier). Die informationslogistische Verschwendungsart *Translation* ist vergleichbar mit der klassischen Verschwendungsart *Bearbeitung*. Bei einer Translation wird häufig eine Kopie einer Information auf einem anderen Medium oder Träger angefertigt. Da die selbe Information dann zur gleichen Zeit an verschiedenen Orten vorhanden sein kann, ist es möglich, dass die „Kopie“ einer Information einen Transport erfährt, während sich der räumliche Ort der Originalinformation nicht ändert. Aus informationslogistischer Sicht wird die transportierte „Kopie“ weiter betrachtet. Bezüglich der Originalinformation und der kopierten Information muss eine Entscheidung darüber getroffen werden, ob und wenn ja, welche der beiden Informationen archiviert wird. Prozesse der Kategorie **Transport** implizieren, dass eine Information an einen anderen physischen Ort transportiert wird. Ist eine räumliche Veränderung nicht notwendig, wird der Transportprozess nicht benötigt und ist Verschwendung.

Der **Transformationsprozess** als solcher ist keine Verschwendung, da hier eine „neue“ und aus Sicht des Informationsnutzers benötigte Information entsteht. Der Prozess impliziert demnach eine Veränderung der Informationsbedeutung (Semantik), die in den meisten Fällen auf eine Verarbeitung verschiedener Informationen zu einer neuen Information zurückzuführen ist (z.B. Erstellung einer Prognose aus historischen Abrufdaten). Die Transformation wird benötigt, wenn die nachgefragte Information nicht Teil des Informationsangebots ist. Der Transformationsprozess kann jedoch verschwendungsbehaftet sein. In diesem Fall treten hier die Verschwendungsarten *Überproduktion* oder *Bearbeitung*

auf. Beide sind vergleichbar mit ihren klassischen Pendants. Bei der Überproduktion werden Informationen erzeugt, die nicht nachgefragt werden. Diese Verschwendungsart kann auch an einer Informationsquelle vorliegen. Der Fall tritt beispielsweise auf, wenn bei der Beschreibung eines Lagerbestands eine zu hohe Granularität gewählt und jeder Schraubentyp einzeln ausgewiesen wird, obwohl lediglich die Gesamtanzahl von Schrauben im Lager benötigt wird. Bei der überflüssigen Bearbeitung geht es um die Frage, inwiefern eine Information einfacher, beispielsweise mit weniger Rechenkapazität, erzeugt werden kann.

4.2 Einfluss der Informationsqualität auf Verschwendungsarten

Wie in Abschnitt 2.2.5 beschrieben, können die vier Anforderungen an die Informationslogistik (die richtige Information zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Form) unter Einbezug der in Abschnitt 2.2.2 vorgestellten IQ-Dimensionen konkretisiert werden. Aus diesem Grund haben die für einen speziellen Anwendungsfall relevanten IQ-Dimensionen auch Einfluss auf die klassischen und informationslogistischen Verschwendungsarten Fehlleistung, Bewegung und Wartezeit. Diese Auswirkungen sollen im Folgenden beispielhaft betrachtet werden. Die Verschwendungsarten werden für Aufgabenträger in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette und Informationsnutzer gemeinsam betrachtet.

Im Bereich der intrinsischen IQ-Dimensionen spielt die Fehlerfreiheit eine wichtige Rolle. Hohes Ansehen, Objektivität und Glaubwürdigkeit haben im industriellen Umfeld eine wesentlich geringere Bedeutung als in anderen Branchen, wie beispielsweise im Bankwesen. Die Fehlerfreiheit hat erheblichen Einfluss auf die klassischen und informationslogistischen Verschwendungsarten. Wird eine fehlerhafte Information bereitgestellt und ist dies dem Nutzer bewusst, kommt es zu *Wartezeiten* oder überflüssiger *Bewegung*. Ist dem Nutzer nicht bewusst, dass die Information fehlerhaft ist, kann es zu Fehlentscheidungen (*Fehlleistung*) kommen.

Die darstellungsbezogenen IQ-Dimensionen werden für diese Betrachtung zusammengefasst, da sie einen vergleichbaren Einfluss auf die Verschwendungsarten haben. Das richtige Verständnis einer Information hängt wesentlich von der Kompetenz des Nutzers ab. Die in dieser Arbeit betrachteten Informationsnutzer sind geschult und daher in der Lage, Informationen zu interpretieren bzw. zu verstehen. Bedingt eine Darstellung eine Fehlinterpretation kommt es zu *Fehlleistungen*. Andernfalls kann es passieren, dass Nutzer oder Aufgabenträger eine Informationstranslation vornehmen müssen, um die Information

nutzen zu können oder dass sie viel Zeit benötigen, um eine Information zu verstehen und eindeutig auszulegen (*Bewegung*).

Der interessanteste Bereich der IQ-Dimensionen im industriellen Umfeld ist der Bereich der Nutzung. Hier spielen die Dimensionen Aktualität, Relevanz und angemessener Umfang eine Rolle. In vielen Fällen haben Informationen, die zu früh, zu spät, am falschen Ort oder in der falschen Form vorliegen keine Relevanz für ihren Nutzer. Um dies zu erkennen, muss der Nutzer oder Aufgabenträger die Information kognitiv verarbeiten (*Bewegung*). Ähnlich ist es, wenn Informationen in einem zu hohen Umfang vorliegen. Ist der Umfang eines Informationsbündels zu niedrig, muss der Nutzer oder Aufgabenträger fehlende Informationen suchen oder anfordern. Ist eine Information nicht mehr aktuell, kann es zu Fehlentscheidungen kommen, falls dies dem Nutzer oder Aufgabenträger nicht bewusst ist. Erkennt der Nutzer oder Aufgabenträger die fehlende Aktualität, muss er ebenfalls die aktuellen Informationen suchen oder anfordern.

Bei den IQ-Dimensionen im Bereich System muss zwischen Aufgabenträgern in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette und Informationsnutzern unterschieden werden. Für den Informationsnutzer spielt nur die Zugänglichkeit eine Rolle, denn er muss die Information nicht bearbeiten können. Ist eine Information für einen informationslogistischen Aufgabenträger nicht bearbeitbar, kann dies beispielsweise daran liegen, dass er keine Schreibrechte hat und auf diese warten oder sie beantragen muss. Zugänglich müssen Informationen für Nutzer und informationslogistischen Aufgabenträger sein. Andernfalls kann es auch hier zu Verschwendung in Form von *Wartezeit* (warten auf Zugriffsrechte), *Fehlleistungen* (Fehlentscheidung aufgrund fehlender Informationen) oder überflüssiger *Bewegung* (organisieren von Zugriffsrechten) kommen.

4.3 Prinzipien für die Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems

Auf Basis der beschriebenen Vorüberlegungen zu Wertschöpfung und Verschwendung in Informationslogistiksystemen können nun die fünf Gestaltungsprinzipien der Lean Production adaptiert werden. Unter Gestaltungsprinzipien werden übergeordnete „Grundideen [verstanden], an denen sich die Systemgestaltung immer orientieren muss“ (Erlach et al. 2020, S. 79). Gestaltungsprinzipien sind abhängig von der jeweiligen Zielsetzung, weshalb die adaptierten Gestaltungsprinzipien hinsichtlich der für diese Arbeit formulierten Zielsetzung (vgl. Abschnitt 1.2) geprüft werden. Da sie immer für den gesamten Betrachtungsbereich bzw. eine umfassende Kategorie von Systemen gültig sind, dürfen sich die einzelnen Gestaltungsprinzipien nicht widersprechen. Ein Systemmodellierer kann sich in jedem Methodenschritt der Modellierung an den formulierten Prinzipien orientieren. Klare

4 Prinzipien für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme

Handlungsanleitungen oder konkrete Anhaltspunkte für die Systemgestalt liefern Gestaltungsprinzipien jedoch nicht. Abbildung 4.6 gibt einen Überblick über die adaptierten Prinzipien und ihre grundsätzliche Bedeutung. (Erlach et al. 2020, S. 79 ff.)

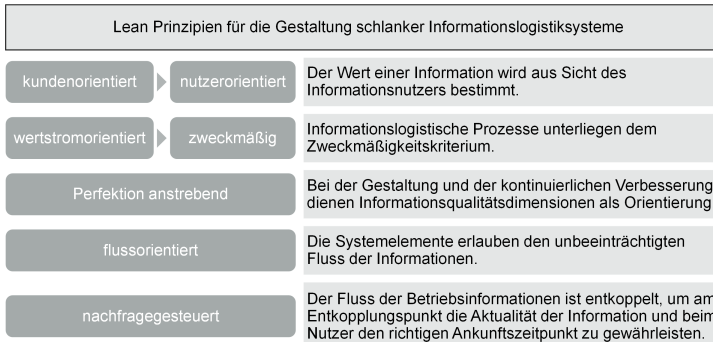


Abbildung 4.6: Lean-Prinzipien für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme

Das Gestaltungsprinzip *nutzerorientiert* Ein schlanker Wertstrom fokussiert den Wert des entstehenden Produkts für den Kunden. Ein schlankes Informationslogistiksystem muss entsprechend den Wert der entstehenden Information für den Kunden fokussieren. Im Allgemeinen ist jedoch nicht jeder Informationsnutzer ein externer Kunde, der für den Erhalt einer Information eine Gegenleistung erbringt. In jedem und somit auch im vorliegenden Fall handelt es sich aber um einen Informationsnutzer. Aus diesem Grund wird aus dem Prinzip *kundenorientiert* das Prinzip *nutzerorientiert*. Der Begriff des Informationskonsumenten wird an dieser Stelle nicht verwendet, da eine Information nicht wie ein Produkt konsumiert werden kann bzw. durch die Konsumierung nicht zwangsweise an Wert verliert. Ein nutzerorientiertes Informationslogistiksystem liefert die richtige Information in der richtigen Form zur richtigen Zeit an den richtigen Ort. Mit diesem Verhalten wird das Auftreten klassischer Verschwendungsarten beim Informationsnutzer vermieden. Als Konsequenz aus diesem Prinzip kann eine Priorität beim Vermeiden der verschiedenen Verschwendungskategorien festgelegt werden. Primär sind Verschwendungsarten der Kategorie 1 zu vermeiden. Sekundär sind Verschwendungsarten der Kategorie 2 mit Einfluss auf Kategorie 1 zu vermeiden. Tertiär sind Verschwendungsarten der Kategorie 2 ohne Einfluss auf Kategorie 1 zu vermeiden. Das Prinzip *nutzerorientiert* orientiert sich somit am definierten Gestaltungsziel.

Das Gestaltungsprinzip *zweckmäßig* In einem schlanken Produktionssystem erfüllt jeder Prozess einen Zweck bezogen auf den Kundenwunsch. Dieses Zweckmäßigkeitskriterium lässt sich auf Prozesse eines Informationslogistiksystems übertragen. Anders als Wertströme haben Informationssysteme jedoch häufig die Struktur eines Netzwerks. Jedes Systemelement ist in einem solchen Netzwerk Informationsnutzer und -lieferant für andere Elemente, die zum Teil außerhalb der Betrachtungsgrenze liegen. Eine Orientierung an einem einzelnen Nutzer ist daher nur zum Teil möglich. Das Prinzip *zweckmäßig* hinterfragt die Notwendigkeit einzelner Systemelemente, sodass überflüssige Prozesse nicht gestaltet werden. Das System wird schlanker. Das Prinzip *zweckmäßig* orientiert sich am definierten Gestaltungsziel.

Das Gestaltungsprinzip *Perfektion anstrebend* Das Prinzip *Perfektion anstrebend* kann für die Gestaltung schlanker Informationssysteme übernommen werden. Für die Anwendung wird es jedoch auf die Betrachtung der Informationsqualität eingegrenzt. Bei der Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems ist darauf zu achten, dass die Ausgangsinformation eines jeden Prozesses eine ausreichende Qualität im Sinne der nutzerorientierten Gestaltung besitzt. Sowohl für den direkt nachfolgenden Prozess als auch für den am Ende der Prozesskette stehenden Informationsnutzer muss die Informationsqualität betrachtet werden. Wie in Abschnitt 4.2 beschrieben, wird auch mit diesem Prinzip das Gestaltungsziel unterstützt.

Das Gestaltungsprinzip *flussorientiert* Das Prinzip *flussorientiert* kann ohne Adaption aus der Lean Production übernommen werden. Auch in der Informationsversorgung ist eine nahtlose Verknüpfung einzelner informationslogistischer Prozesse über organisatorische Einheiten hinweg wichtig. Insbesondere bei der technischen Realisierung informationslogistischer Prozessketten ist die Gestaltung aufwandsarmer Schnittstellen eine Herausforderung. Das flussorientierte Gestalten verhindert überflüssige Translations- und Transportprozesse, welche einen Energieaufwand implizieren. Hiermit unterstützt das Prinzip *flussorientiert* das definierte Gestaltungsziel.

Das Gestaltungsprinzip *nachfragegesteuert* Das Prinzip *nachfragegesteuert* aus der Lean Production kann ebenfalls für die Gestaltung von Informationssystemen übernommen werden. Die Aktualität einer Information spielt bei der Gestaltung eines Informationssystems eine wesentliche Rolle. Wird eine Information in ein System hinein geschoben, trifft sie meist zur falschen Zeit beim Nutzer ein (vgl. Fall 1 in Abbildung 4.7). Um dies zu verhindern, kann das System entweder durch ein Archiv entkoppelt werden (Fall 2), oder die Information wird zum gewünschten Zeitpunkt angefordert und in das System eingegeben (Fall 3). Das Auftreten der Verschwendungsart Fehlleistung ist häufig

4 Prinzipien für die Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme

auf mangelnde Aktualität zurückzuführen. Das Prinzip *nachfragegesteuert* orientiert sich demnach am definierten Gestaltungsziel.

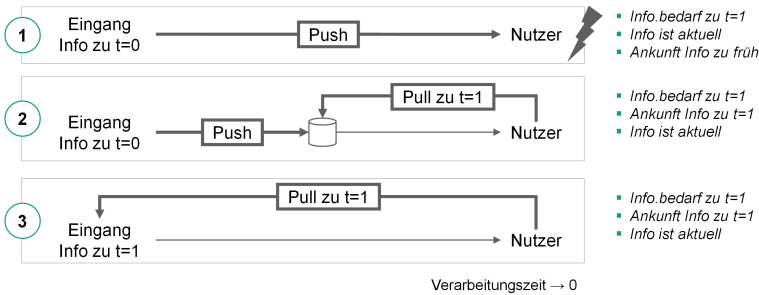


Abbildung 4.7: Entkopplung von Informationsflüssen

Aus den fünf Gestaltungsprinzipien resultieren acht Gestaltungsrichtlinien, welche im Rahmen der Gestaltungsmethode in Kapitel 6 vorgestellt werden. Anders als die Gestaltungsprinzipien werden in den Richtlinien konkrete Handlungsanweisungen formuliert. Für die Anwendung der Methode werden generische Gestaltungsbausteine benötigt. Diese werden im folgenden Kapitel modelliert.

5 Elemente und Relationen in einem schlanken Informationslogistiksystem

Die in Kapitel 4 formulierten Gestaltungsprinzipien liefern eine Idealvorstellung für die zu gestaltenden Informationslogistiksysteme. Aufbauend auf dieser Idealvorstellung und den vorgestellten Verschwendungsarten werden in diesem Kapitel Systemelemente definiert, welche im Gestaltungsprozess als Gestaltungsbausteine dienen. Als Orientierung bei der Modellierung dient das von der VDI 2221 vorgegebene *generelle Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren* (Norm VDI 2221, S. 9). Nach der Anforderungsermittlung (vgl. Abschnitt 3.5) sieht dieses Vorgehen verschiedene Schritte vor, die in der *Gliederung realisierbarer Module* enden. Die Gestaltung der Module erfolgt in diesem Kapitel in einem Strukturdiagramm. Die VDI 2221 gibt keine Modellierungssprache bzw. Notation vor.

Für die Modellierung von Elementen und Relationen eines Informationssystems in einem Strukturdiagramm stehen eine Vielzahl an Modellierungssprachen zur Verfügung, die je nach Zielsetzung und gewählter Perspektive verwendet werden können. Eine pragmatische Vorauswahl erfolgt über den Entdeckungszusammenhang und die der Autorin sowie dem Kollegenkreis geläufigen prozessorientierten Modellierungssprachen. Bei der Vorauswahl handelt es sich um die Notationen der UML (Unified Modeling Language), der SysML (Systems Modeling Language), der IDEF (ICAM Definition), der BPMN (Business Process Model and Notation) und der EPK (Ereignisgesteuerte Prozesskette). Alle Sprachen geben eine unterschiedliche Syntax und eine Semantik für die Modellierung von Informationssystemen vor. Um eine begründete Auswahl zu treffen, werden diese Modellierungssprachen hinsichtlich der aus der Zielsetzung und der gewählten Perspektive resultierenden Anforderungen an die Notation bewertet (vgl. Tabelle 5.1).

Die ersten drei Anforderungen beziehen sich auf die Abbildbarkeit bestimmter Aspekte des Systems. Systemelemente sowie funktionale und strukturelle Beziehungen sollen dargestellt und beschrieben werden können. Alle drei Anforderungen sind in der UML und der IDEF erfüllt. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass diese Sprachen verschiedene Diagrammtypen liefern, die unterschiedliche Sichten auf ein System zulassen. Die SysML stellt keine Alternative für das UML-Klassendiagramm zur Verfügung, weshalb die Abbildung von Strukturbeziehungen und beschreibenden Attributen nur bedingt möglich ist. Mit der BPMN und der EPK werden Ablaufdiagramme erstellt, welche den Verhaltensdiagrammen zugeordnet werden. Sowohl die klassifizierte Darstellung von

5 Elemente und Relationen in einem schlanken Informationslogistiksystem

	Anforderungen an die Notation des Strukturdiagramms	Modellierungssprachen				
		UML	SysML	IDEF	BPMN	EPK
1	Systemelemente (informationslogistische Prozesse) sollen klassifiziert dargestellt werden können.	●	●	●	◐	◐
2	Systemelemente (informationslogistische Prozesse) sollen anhand von Attributen und Funktionen beschrieben werden können.	●	◐	●	◐	◐
3	Funktionale und strukturelle Beziehungen zwischen den Systemelementen sollen darstellbar und beschreibbar sein.	●	●	●	◐	◐
4	Die Notation soll intuitiv verständlich sein, sodass sich der Einarbeitungswand für Anwender so gering wie möglich hält.	●	◐	◐	●	●
5	Die Modellierungssprache soll weit verbreitet und weitestgehend standardisiert sein.	●	◐	◐	●	◐
		5,0	3,5	4,0	3,5	3,0

nicht erfüllt
 zum Teil erfüllt
 erfüllt

Tabelle 5.1: Bewertung und Auswahl geeigneter Modellierungssprachen

Elementen als auch die Darstellung struktureller Beziehungen ist in diesem Diagrammen nur sehr eingeschränkt möglich. Auch die Beschreibung von Systemelementen anhand von Attributen und Funktionen ist nur zum Teil vorgesehen.

Die Anforderungen 4 und 5 beziehen sich auf die Anwendbarkeit der Sprache. Sie soll verständlich, weit verbreitet und weitestgehend standardisiert sein. IDEF stammt aus den USA und ist wesentlich weniger bekannt als die UML oder die SysML. Dies bestätigt eine Google-Suche²⁴. Des Weiteren erzielt die Suche nach der SysML weit weniger Treffer als die Suche nach der UML. Die Entwicklungsgeschichte der UML zeichnet diese für die Verwendung in der vorliegenden Arbeit aus. Die Sprache wurde entwickelt, um die objektorientierte Programmierung von Beginn des Software-Entwicklungsprozesses an zu unterstützen. Eine stetige Weiterentwicklung des sogenannten *Best Practices* führte zu einer Notation mit der präzise und umfassend Systeme beschrieben werden können. Heute gilt die UML als Standardmodellierungssprache für die Software- und Systementwicklung und wurde von der Object Management Group (OMG)²⁵ spezifiziert. Auch die SysML ist von der OMG spezifiziert. Sie basiert auf der UML und wurde speziell für den Einsatz im Systems Engineering erweitert. Auch wenn der systemtheoretische Ansatz als Paradigma eine wichtige Rolle für den Lösungsansatz dieser Arbeit spielt, soll für die Modellierung des Strukturdiagramms die Notation der UML verwendet werden. Dies wird damit begründet, dass die Notation aufgrund ihrer Anerkennung als ISO-Standard (ISO/IEC 19501) und ihrer früheren Spezifizierung durch die OMG verbreiteter ist als die SysML. Als Nutzer des Modells wurden Betriebs- und Informatikingenieure identifiziert, deren Zusammenarbeit mit Hilfe des Modells verbessert werden soll. Für dieses Ziel ist es notwendig, dass die

²⁴Bei einer Google-Suche vom 01.03.2021 ergaben sich folgende Treffer: UML OR „Unified Modeling Language“: 41,5mio. | SysML OR „Systems Modeling Language“: 6,7mio. | IDEF OR „ICAM Definition“: 0,9mio.

²⁵Die OMG, ein internationales Konsortium, entwickelt Standards für die objektorientierte Programmierung

Notation beiden Nutzergruppen geläufig ist. (Miles et al. 2006, S. 1; Seemann et al. 2006, S. V; Weikiens et al. 2014, S. 22 f.)

Für die Modellierung des Strukturdiagramms bietet sich das UML Klassendiagramm an. Hier können Systembausteine anhand von Attributen generisch beschrieben werden. Des Weiteren können funktionale (Informationsfluss) und strukturelle (Bestandteil- oder Vererbungshierarchie) Beziehungen zwischen Klassen dargestellt werden. Die Vererbungshierarchie wird im Klassendiagramm Generalisierung genannt und durch eine durchgezogene Linie mit geschlossener, nicht ausgemalter Pfeilspitze dargestellt. Eine spezielle Klasse verfügt über alle Merkmale einer generellen Klasse. Die Bestandteilhierarchie stellt die Beziehung zwischen einem **Ganzen** und seinen **Teilen** dar. Im UML Klassendiagramm gibt es sie in zwei Ausprägungen, der speziellen Komposition und der Aggregation. Die Aggregation bildet ab, dass das **Teil** ohne das **Ganze** existieren kann. Bei der Komposition kann das **Teil** nicht ohne das **Ganze** existieren. Bestandteilhierarchien können mit Multiplizitäten versehen werden. Die Notation sieht eine durchgezogene Linie mit ausgemalter Raute für die Komposition bzw. mit nicht ausgemalter Raute für die Aggregation vor. Die Klassen werden durch Attribute und Operationen beschrieben. Jedes Attribut bzw. jede Operation benötigt einen eindeutigen Namen. Andere Eigenschaften wie Datentyp, Multiplizität oder Sichtbarkeit müssen nicht zwingend angegeben werden. Durch Assoziationen werden die generisch möglichen Informationsflüsse zwischen den einzelnen Klassen dargestellt. Assoziationen können gerichtet oder bidirektional sein. Eine gerichtete Assoziation wird durch eine durchgezogene Linie mit offenem Pfeil dargestellt. Bei einer bidirektionalen Beziehung wird der Pfeil weggelassen. Auch Assoziationen können mit Multiplizitäten versehen werden. (Miles et al. 2006, S. 63 ff.; Seemann et al. 2006, S. 43 ff.)

Das vollständige UML-Klassendiagramm mit allen Kindklassen und deren Attributen ist in Abbildung 5.8 dargestellt. Es bildet die generische Basis für die im Verhaltensdiagramm zu instanzierenden Systemelemente. Das instanziierte Informationslogistiksystem wird als eine Folge von Prozessen modelliert. Einzelne informationslogistische Prozesse bilden daher die zu definierenden Systemelemente bzw. Klassen im UML-Klassendiagramm. Die Prozesse werden in zwei Klassen unterteilt, die systeminternen Prozesse (**Prozess-Systemintern**) und die Prozesse, welche die Systemgrenze bilden (**ProzessSystemgrenze**). Zur Systemgrenze zählen die Prozesse **Informationsquelle** und **Informationssenke**. Diese Prozesse werden in Abschnitt 5.1 erläutert. Zu den systeminternen Prozessen zählen die **Transformation**, das **Archiv** und zwei **Schnittstelle**. Diese Prozess-Klassen werden in Abschnitt 5.2 dargestellt.

Bei der Beschreibung der Prozesse wird detailliert auf die einzelnen Klassen-Attribute eingegangen. Im Modell werden für die Attribute die Datentypen **String** und **Konzept**

verwendet. Der Datentyp **String** steht für eine einfache Zeichenkette. Der Datentyp **Konzept** verdeutlicht, dass für die Instanziierung eines solchen Attributs eine detailliertere Beschreibung notwendig sein kann, welche nicht die einfache Form eines primitiven oder zusammengesetzten Datentyps hat. Die Verwendung dieser zwei Datentypen ist auf die Anwendungsziele zurückzuführen. Sowohl von Betriebs- als auch von Informatikingenieuren soll das Modell gelesen, verstanden und verwendet werden können. Des Weiteren soll es eine konzeptionelle Sicht ermöglichen, deren Ausgestaltung nicht durch zu eng definierte Attribute eingeschränkt wird. Einige der Attribute werden zur Beschreibung verschiedener Prozessklassen benötigt. Um eine Vollständigkeit bei der Prozessbeschreibung zu gewährleisten, werden die Attribute bei jeder Klasse genannt, aber nur bei der ersten Nennung ausführlich beschrieben. Die Ausnahme bildet das Attribut **bezeichner**. Mit diesem Attribut wird für jeden Prozess ein eindeutiger Name modelliert. Im Klassendiagramm wird das Attribut daher in der Elternklasse **Informationslogistikprozess** dargestellt. Das Attribut ist als String definiert und muss bei der Instanziierung eindeutig belegt werden.

Die Elemente eines Informationslogistiksystems stehen über Informationsflüsse miteinander in Beziehung. Diese können ebenfalls im Strukturdiagramm dargestellt werden, aus Gründen der Übersichtlichkeit wird jedoch eine Matrixdarstellung gewählt (vgl. Tabelle 5.3). Die verschiedenen Relationstypen und die im Verhaltensdiagramm erlaubten Beziehungen werden in Abschnitt 5.3 beschrieben.

5.1 Modellierung der Systemgrenze

Ein informationslogistisches System wird durch eine sachlogische oder zeitliche Abfolge von informationslogistischen Prozessen abgebildet. Es vollständig zu beschreiben, bedeutet daher, es von „Anfang“ bis „Ende“ zu modellieren. „Anfang“ und „Ende“ bilden die Systemgrenze und werden jeweils mit Hilfe einer informationslogistischen Prozessklasse modelliert. Das „Ende“ der informationslogistischen Prozesskette ist ein Prozess der Klasse **Informationssenke**, der den betrachteten Informationsnutzer repräsentiert. Da das System für **einen** Nutzer modelliert wird, weist die Prozesskette für eine Information in Flussrichtung der Betriebsinformationen eine konvergente oder lineare Struktur auf. Das System hat daher ein „Ende“ und einen oder mehrere „Anfänge“. Der oder die „Anfänge“ der informationslogistischen Prozesskette sind Prozesse der Klasse **Informationsquelle**. Sie repräsentieren Informationsressourcen unterschiedlicher Ausprägungen. Die Prozesse der Systemgrenze zeichnen sich bei der Modellierung dadurch aus, dass die Senke nur einen Eingang und die Quelle nur einen Ausgang für Betriebsinformationen hat. Im Gegensatz dazu wird bei den systeminternen Prozessen sowohl der für den betrachteten

Anwendungsfall relevante Betriebsinformationseingang als auch der für den betrachteten Anwendungsfall relevante Betriebsinformationsausgang dargestellt.

5.1.1 Modellierung des Informationsnutzers

Mit einem Prozess der Klasse **Informationssenke** wird der Informationsnutzer modelliert. Er nutzt die vom Informationslogistiksystem zur Verfügung gestellten Informationen für seine Tätigkeit. Informationsnutzer stehen immer am Ende der informationslogistischen Prozesskette und geben die erhaltenen Informationen nicht weiter. Informationsnutzer sind im vorliegenden Fall Produktionsmitarbeiter. Neben der Nutzung bestimmter Informationen kann der selbe Mitarbeiter auch die anderen, im Klassendiagramm dargestellten Funktionen erfüllen. Er kann dem System Informationen zur Verfügung stellen, Informationen transformieren, archivieren oder transportieren. In diesem Fall ist der Mitarbeiter Prozesseigner von mehreren Prozessen verschiedener Klassen und wird im zu gestaltenden Informationslogistiksystem durch verschiedene instanziierte Prozesse beschrieben.

Die Ergebnisse der *erweiterten Informationsbedarfsanalyse*²⁶ müssen mit dem instanziierten Prozess **Informationssenke** abbildbar sein. Der Prozess erbt das Attribut **bezeichner** von der Elternklasse **Informationslogistikprozess**. Der Bezeichner sollte die Aufgabe des Informationsnutzers widerspiegeln. Mit dem Attribut **bezugsobjekt** wird dargestellt, welches Fabrikobjekt das vom Informationsnutzer nachgefragte Informationsbündel beschreibt. Das kann beispielsweise ein Materialbereitstellungsauftrag oder ein

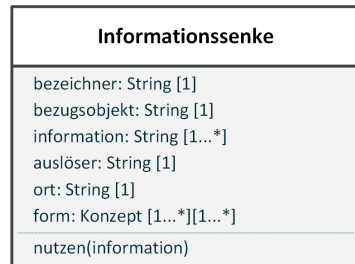


Abbildung 5.1: Die generische Klasse **Informationssenke**

Datenblatt für die Beschreibung einer Materialcharge sein. Dieses Attribut ist vom Typ String und muss aufgrund der Multiplizität von eins eindeutig definiert werden. Eine Informationssenke hat einen **auslöser**, der die richtige Zeit für die Informationsversorgung beschreibt. Ein Auslöser kann durch einen Zeitpunkt oder eine Frequenz beschrieben werden. Alternativ kann auch ein Ereignis den Bedarf auslösen. Das Attribut vom Typ String muss eindeutig beschrieben werden. Der richtige **ort** an dem der Informationsnutzer die nachgefragte Information benötigt, kann ein physischer Ort in der Fabrik oder ein mobi-

²⁶Die erweiterte Informationsbedarfsanalyse stellt den zweiten Schritt der Methode zur Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme dar und wird in Abschnitt 6.2 erläutert. Aufbauend auf den Analyseergebnissen wird das Informationslogistiksystem modelliert.

les Endgerät sein. Dieses Attribut muss ebenfalls eindeutig mit einem String beschrieben sein.

Die Modellierung der Information erfolgt anhand der Attribute **information** und **form**. Diese Kombination ist auch in den Klassen **Informationsquelle**, **Transformation** und **Archiv** zu finden und hat dort die selbe Bedeutung. In der Informationssenke wird mit dieser Attributkombination die Information beschrieben, welche der Nutzer nachfragt. Das Attribut **information** benennt die Information.

Es kann mehrfach belegt werden, sodass auch die Beschreibung eines Informationsbündels in Form einer Liste möglich ist. Die **form** einer Information definiert die Art und Weise wie diese vorhanden ist oder erscheint. Bei der Definition dieses Attributs geht es um die Formulierung bisher nicht festgelegter Anforderungen des Nutzers an die Informationslogistik. Diese können beispielsweise bestimmte Informationsqualitätsdimensionen betreffen. Das Attribut wird als Matrix modelliert, deren Einträge vom Datentyp Konzept sind. Ein Beispiel ist in Tabelle 5.2 zu finden. In jeder Zeile wird eine der eingehenden Informationen dargestellt. In den Spalten kann beispielsweise eine relevante Informationsqualitätsdimension oder der Informationsträger beschrieben werden. Weder die Anzahl der Zeilen noch die Anzahl der Spalten ist begrenzt.

Info	Aktualität	Darstellung	Bearbeitbar	...
Info 1	Echtzeit (<2min)	Auf einer Seite	/	
Info 2	/	/	Schreibrechte notwendig	
Info 3	/	Als Grafik	/	
...				

Tabelle 5.2: Beispielhafte Darstellung des Attributs **form**

5.1.2 Modellierung der Informationsressourcen

Mit einem Prozess der Klasse **Informationsquelle** werden Informationsressourcen modelliert (vgl. Abbildung 5.2). Informationsressourcen stehen am Anfang der informationslogistischen Prozesskette und stellen Informationen zur Verfügung. Informationen können nur durch eine Ressource in ein Informationslogistiksystem gelangen. Genauso wie die Klasse **Informationssenke** erbt auch die Klasse **Informationsquelle** das Attribut **bezeichner** von der Elternklasse **Informationslogistikprozess**. Durch eine Ressource fließt mindestens eine Information in das betrachtete System hinein. Eine Ressource kann aber auch mehrere bzw. unbegrenzt viele Informationen in das System einfließen lassen. Anhand des Attributs **information**, welches vom Datentyp String ist, können diese Informationen beschrieben werden. Mit dem Attribut **bezugsobjekt** wird dargestellt, welches Fabrikobjekt das von der Informationsressource bereitgestellte Informationsbündel beschreibt.

Es gibt drei verschiedene Typen von Ressourcen. Mit der Multiplizität ist festgelegt, dass jede Ressource genau einem dieser Typen entspricht. Das Attribut `typ` kann die drei Ausprägungen `erfassen`, `extern` oder `blackbox` annehmen und wird als String modelliert. Eine Ressource ist `extern`, wenn die Informationen von außerhalb der Unternehmensgrenze in das betrachtete Informationssystem hineinfließen. Eine Ressource vom Typ `erfassen` kann beispielsweise ein Sensor sein, der eine physische Begebenheit erfasst und diese als Information an das System übergibt. Fast immer müssen neu gestaltete Systeme in eine existierende Systemlandschaft integriert werden. Die `Blackbox`-Ressource bietet die Möglichkeit, einen Aspekt der Integration bereits im Gestaltungsprozess zu adressieren. Mit dieser Klasse werden Nachbarsysteme modelliert, welche Betriebsinformationen bereitstellen, die der Systemgestalter aber nicht detailliert beschreiben möchte oder kann. Häufig können die Systemgestalter auch keinen Einfluss auf ihr Verhalten nehmen.

Jede Informationsressource hat einen Auslöser, der sie veranlasst Informationen in das betrachtete System hineinzuschieben. Der Einfluss des betrachteten Informationsnutzers auf diesen Auslöser bestimmt, ob das Attribut `verhalten` der Ressource als `aktiv` oder als `passiv` modelliert wird. Passive Ressourcen werden von einem nutzerorientierten Trigger ausgelöst. Aktive Ressourcen werden nicht von einem nutzerorientierten Trigger ausgelöst. Das Verhalten einer Informationsquelle muss eindeutig belegt sein. Auf das Verhalten einer externen Informationsressource hat das betrachtete Unternehmen meist nur einen geringen Einfluss. Trotzdem können externe Ressourcen `passiv` oder `aktiv` sein. Auch eine `Blackbox`-Ressource ist meist `aktiv`, da sie sich nicht primär an den Bedürfnissen des betrachteten Nutzers orientiert. Nicht-nutzerorientierte Trigger können `intrinsisch` (ressourcenintern) oder `extrinsisch` (ressourcenextern) sein. Nutzerorientierte Trigger sind immer `extrinsisch`. `Intrinsische` Trigger sind beispielsweise bestimmte Uhrzeiten oder Frequenzen, die in der Informationsressource hinterlegt sind. Ein `intrinsischer` Auslöser benötigt keine weiteren Informationen aus dem Produktionssystem und ist daher `statisch`. `Extrinsische` Trigger können `materielle`, `informelle` oder `energetische` Einflüsse sein. Der Trigger wird anhand des Attributs `auslöser` in Form eines Strings beschrieben.

Informationsquelle
bezeichner: String [1]
bezugsobjekt: String [1]
information: String [1...*]
typ: String [1] {erfassen, extern, blackbox}
verhalten: String [1] {aktiv, passiv}
auslöser: String [1...*]
ort: String [1]
dauer: String [1]
form: Konzept [1...*][1...*]
anbieten(auslöser): String

Abbildung 5.2: Die generische Klasse `Informationsquelle`

Über das Attribut `dauer` wird die Zeitspanne zwischen dem Auslösen einer Ressource und dem Informationsaustritt aus dieser Ressource erfasst. Auch sie wird als String mo-

delliert. Diese Zeit ist insbesondere dann von Interesse, wenn eine Information zu einem bestimmten Zeitpunkt beim Nutzer vorliegen muss und die Informationsversorgung als solche einen kritischen Pfad darstellt. Mit der Gesamtprozessdauer des kritischen Pfads, die meist von der technischen Realisierung abhängig ist, kann bei der Instanziierung festgestellt werden, ob eine Information zur richtigen Zeit vorliegt. Die noch fehlenden Attribute **ort** und **form** werden zur Feststellung des Orts und der Form der bereitgestellten Information verwendet und haben einen Einfluss auf die spätere Modellierung der Schnittstellen. Der **ort** einer Ressource gibt bei einer externen Ressource den Ort an, an dem die Information in das Unternehmen eingeht. Bei Ressourcen des Typs **erfassen** gibt das Attribut den Ort an, an dem eine Information erfasst wird bzw. am dem sich der physische Repräsentant der Information befindet. Der Ort der Ressource wird als String modelliert und darf nur mit einem Wert belegt werden. Mit dem Attribut **form** wird beschrieben, auf welche Art und Weise die Informationen zur Verfügung gestellt werden.

5.2 Modellierung der systeminternen Prozesse

Als systeminterne informationslogistische Prozesse gelten die Prozesse **Transformation**, **Archiv** und **Schnittstelle**. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sowohl der Eingang als auch der Ausgang von Betriebsinformationen modelliert wird. Wie in Abschnitt 4.1.2 bereits beschrieben, wird die Unterteilung von Transformationen und Translationen im Strukturmodell beibehalten. Jedoch wird die **Transformation** auf Ebene der systeminternen Prozesse als eigenständiger Prozess modelliert, während die **Translation** eine Kindklasse des Schnittstellenprozesses ist. Prozesse der Klasse **Transformation** verändern die Semantik einer Information. Dieser Prozess kann verschwendungsbehaftet sein (vgl. Abschnitt 4.1.2). Prozesse der Klasse **Archiv** überbrücken die Zeit zwischen der Entstehung einer Information und deren Nutzung. Prozesse der Klasse **Schnittstelle** verändern die Form (**Translation**) oder den Ort (**Transport**) einer Information. Wie in Abschnitt 4.1.2 beschrieben, gelten diese drei Prozesse als Verschwendung oder notwendige Verschwendung. Die drei systeminternen Prozess-Klassen **Transformation**, **Archiv** und **Schnittstelle** werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

5.2.1 Modellierung von Transformationen

Die **Transformation** als systeminterner Prozess steht immer in der Mitte einer informationslogistischen Prozesskette. Betriebsinformationen fließen in den Prozess hinein und wieder hinaus. Eine Transformation liegt vor, wenn sich die Eingangsinformationen und die Ausgangsinformationen in ihrer Semantik unterscheiden, d.h. in einer Transformation entsteht eine neue Information. Wie die anderen Prozesse auch, benötigt die Transforma-

tion einen eindeutigen **bezeichner**, den sie von der Elternklasse erbt (vgl. Abbildung 5.3). Mit dem Attribut **bezugsobjekt** wird abgebildet, welches Fabrikobjekt die Ausgangsinformation der Transformation beschreibt. Aus einer Transformation fließt mindestens eine neue Betriebsinformation in den Nachfolgeprozess hinein. Dies wird durch die Multiplizität des Attributs **ausgangsinformation** abgebildet. Um eine neue Information bilden zu können, benötigt die Transformation Eingangsinformationen. Eine Transformation stellt in den meisten Fällen eine Zusammenführung mehrere Prozessketten dar. Das bedeutet, dass aus mehreren eingehenden Informationen eine Ausgangsinformation generiert wird. Die Eingangsinformationen werden über das Attribut **eingangsinformation** als String modelliert.

Die Zusammenführung an einer Transformation kann einer **and**- oder einer **or**-Logik folgen. Diese Logik wird über das als String definierte Attribut **logikZusammenführung** definiert. Bei einer **and**-Logik müssen alle eingehenden Informationen zur gleichen Zeit vorliegen. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn aus Abrufprognosen und Informationen zu verfügbaren Ressourcen Produktionspläne generiert werden. Bei einer **or**-Logik ist es ausreichend, wenn eine der einfließenden Betriebsinformationen vorliegt. Dies passiert beispielsweise dann, wenn verschiedene Wareneingangs- und Warenausgangsbuchung zu Änderungen in den Lagerbeständen führen. Die Buchungsinformationen stammen aus verschiedenen Systemen, die alle ihre Informationen an die Transformation weitergeben. Die Transformation wird aber bereits aktiv und berechnet einen neuen Lagerbestand, sobald es eine einzige neue Information über eine Buchung gibt.

Jede Transformation hat einen Auslöser, der sie veranlasst, Informationen zu wandeln und in das nachgelagerte Teilsystem einzuschieben. Auch hier bestimmt der Einfluss des betrachteten Informationsnutzers auf den Auslöser, ob das Attribut **verhalten** der Transformation als **aktiv** oder als **passiv** modelliert wird. Passive Transformationen werden auch hier von einem nutzerorientierten Trigger angesteuert. Der **auslöser** des Prozesses wird bei passiven Transformationen auf „Anfrage“ gesetzt. Aktive Ressourcen werden nicht von einem nutzerorientierten Trigger angesteuert. Für die Auslöser der Transformationen gilt das gleiche wie für die Auslöser der Ressourcen, mit dem Unter-

Transformation
bezeichner: String [1] bezugsobjekt: String [1] ausgangsinformation: String [1...*] eingangsinformation: String [1...*] logikZusammenführung: String [1] {and, or} verhalten: String [1] {aktiv, passiv} auslöser: String [1...*] dauer: String [1] ort: String [1] form: Konzept [1...*][1...*]
transformation(eingangsinformation) = ausgangsinformation

Abbildung 5.3: Die generische Klasse **Transformation**

schied, dass die informellen Auslöser der Transformationen im Verhaltensmodell abgebildet werden. Der **ort** einer Transformation gibt den Ort an, an dem die Ausgangsinformation entsteht. Die **dauer** erfasst die Zeitspanne zwischen der Auslösung einer Transformation und dem Austritt der Betriebsinformation aus dieser Transformation. Das Attribut **form** gibt Auskunft über die Art und Weise, wie die Ausgangsinformation vorhanden ist oder erscheint. Die Klasse **Transformation** hat eine Kindklasse **Trigger**, die in Abschnitt 5.3 beschrieben wird.

5.2.2 Modellierung von Archiven

Ebenso wie die Transformation steht auch das Archiv nie am Anfang oder am Ende einer informationslogistischen Prozesskette, sodass immer ein Ein- und ein Ausgang von Betriebsinformationen vorhanden ist. Ein Prozess der Klasse **Archiv** hat die Funktion Informationen zwischen ihrer Entstehung und ihrer Nutzung zu archivieren, sodass die Informationen nicht zu früh vorliegen. Das Archiv erbt, wie die anderen Prozesse auch, das Attribut **bezeichner** von der Elternklasse **Informationslogistikprozess** (vgl. Abbildung 5.4). Auch wenn Archive an unterschiedlichen Stellen in der informationslogistischen Prozesskette notwendig sind, kann es sich bei



Abbildung 5.4: Die generische Klasse **Archiv**

der technischen Realisierung um ein und das selbe Archiv handeln. Über den eindeutigen Bezeichner kann dieser Sachverhalt dargestellt werden. Auch das Attribut **bezugsobjekt** wird benötigt. Anhand dieses Attributs wird festgehalten, welches Fabrikobjekt die im Archiv gespeicherten Informationen beschreiben.

Die im Archiv gespeicherten Informationen werden mit dem Attribut **information** modelliert. Auch dieses Attribut ist vom Typ **String**, kann jedoch mehrfach belegt sein. Das Attribut **nutzerSystemextern** dient der Integration des zu gestaltenden Systems in eine bestehende Systemlandschaft. Hier wird festgehalten, ob die archivierten Informationen auch von systemexternen Informationsnutzern benötigt werden. Dies kann Einfluss auf die Systemgestalt und die technische Realisierung des Prozesses haben. Das Attribut ist vom Datentyp **String** und erlaubt eine Mehrfachbelegung. Die Attribute **ort** und **form** beschreiben den Ort des Archivs bzw. die Form, in der die Informationen im Archiv gespeichert werden. Der Ort muss eindeutig definiert sein. Die Form kann möglicherweise

für verschiedene Informationen unterschiedliche Ausprägungen annehmen und ist daher als Matrix vom Datentyp Konzept definiert.

In einem schlanken Informationssystem ist es wichtig, dass keine überflüssigen Informationen archiviert werden, denn das Management großer Informationsspeicher ist aufwendig und die Archivierung vieler digitalisierter Informationen benötigt Energie. Aus diesem Grund wird für jedes instanziierte Archiv das Attribut **Lebenszyklus** definiert. Hier muss hinterlegt werden, wie mit den archivierten Informationen nach ihrer Nutzung weiter verfahren werden soll. Die Informationen können zu einem bestimmten Zeitpunkt gelöscht oder überschrieben werden. Falls nicht bekannt ist, ob es für die Informationen noch eine Verwendung gibt, muss ein Wiedervorlagdatum definiert werden, an dem erneut über die weitere Archivierung entschieden wird (vgl. Abbildung 5.5). Die drei Funktionen **überschreiben**, **wiedervorlegen** und **löschen** der Klasse sind abhängig vom definierten Lebenszyklus der archivierten Informationen. Je nach Definition des Attributs **lebenszyklus** werden sie aktiv.

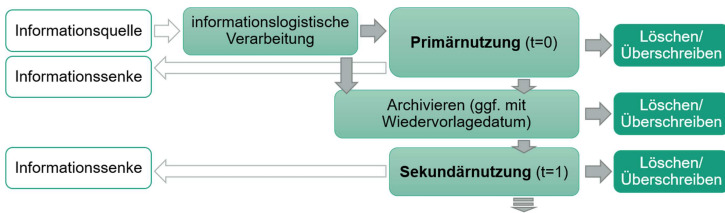


Abbildung 5.5: Archivieren und Löschen von Informationen in einem schlanken Informationslogistiksystem (in Anlehnung an Hartleif et al. 2017, S. 48)

Löschen von Informationen widerspricht häufig gängiger Praxis, denn Informationen gelten als wertvolle Ressource. Das Löschen von Informationen wird hier auch nicht gefordert. Das Attribut **lebenszyklus** soll lediglich beim Gestalten von schlanken Informationssystemen ein Umdenken anregen und ein Bewusstsein dafür erzeugen, dass das Archivieren von Informationen nicht kostenlos ist. Darüber hinaus müssen beim Löschen von Informationen Regeln beachtet werden. Diese können auf gesetzlichen Vorgaben basieren oder vom Unternehmen definiert sein. Auch Kunden haben häufig Anforderungen an die Archivierungsdauer bestimmter Informationen, die sich die Unternehmen bei der Gestaltung ihrer Systemlandschaft bewusst machen sollten.

5.2.3 Modellierung von Schnittstellen

Es gibt zwei Schnittstellenprozesse, das heißt zwei Kindklassen der Klasse **Schnittstelle**: die Klasse **Transport** und die Klasse **Translation** (vgl. Abbildung 5.6). Schnittstellen

treten zwischen zwei Menschen, zwei maschinellen Systemelementen oder zwischen einem Menschen und einer Maschine auf. Als systeminterne Prozesse stehen sie immer in der Mitte einer informationslogistischen Prozesskette. Beide Kindklassen erben das Attribut **dauer** von ihrer Elternklasse. Mit dem Attribut wird die Zeit zwischen dem Ein- und dem Ausgang einer Betriebsinformation angegeben.

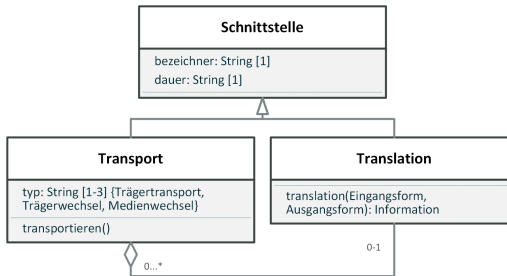


Abbildung 5.6: Die generische Klasse **Schnittstelle** mit den Kindklassen **Transport** und **Translation**

Mit dem Prozess **Transport** erfährt die Information eine räumliche Änderung. Ein Transportprozess kann drei verschiedene Ausprägungen annehmen, welche mit dem Attribut **typ** vom Datentyp String definiert sind. Ein Trägertransport liegt vor, wenn der Träger einer Information eine räumliche Veränderung erfährt. Dies impliziert, dass die transportierte Information im Rahmen des Prozesses immer nur an einem Ort existent ist. Bei einem Trägerwechsel wird eine Information von einem Träger auf einen anderen Träger übertragen. Dies geschieht beispielsweise beim Ausdrucken einer Information oder bei der Übertragung einer Information von einem PC auf einen USB-Stick. Bei einem Medienwechsel ändert sich die Anzeige oder Darstellung einer Information. Eine, auf einem Träger gespeicherte Information wird an einem anderen Ort dargestellt oder angezeigt, damit sie dort verwendet werden kann. Es findet jedoch kein Trägerwechsel statt, d.h. die Information wird nicht auf dem Anzeigemedium gespeichert.

Mit dem Prozess **Translation** ändert sich die Form einer Information, das heißt die Art und Weise, wie die Information vorhanden ist oder erscheint. Die Semantik der Information, also ihre Bedeutung bleibt gleich. Beispiele für Translationen sind das Bündeln von Informationen oder die Übersetzung einer Information in eine andere Sprache. Translationen benötigen keine weiteren Attribute. Die Prozesse **Translation** und **Transport** sind über eine Aggregation miteinander verbunden. Die Translation kann Teil eines Transportprozesses sein aber auch eigenständig existieren.

5.3 Modellierung der Relationen zwischen den Systemelementen

In einem Informationssystem werden die Relationen zwischen den einzelnen Elementen durch Informationsflüsse realisiert. Die in den Abschnitten 5.1 und 5.2 definierten informationslogistischen Prozesse stehen demnach über den Austausch von Informationen miteinander in Beziehung. Bei der Festlegung der Relationsarten dienen die Ausführungen von Ropohl (2009, S. 95) zu den verschiedenen Arten von Informationen als Orientierung (vgl. Seite 60). In Anlehnung an diese Überlegungen wird zwischen drei Relationsarten unterschieden. **Betriebsinformationsflüsse** umfassen alle Informationen, die für die Erzeugung des vom Nutzer nachgefragten Informationsbündels benötigt werden, sowie die Informationen des Informationsbündels selbst. Diese Informationen repräsentieren demnach eine Bedeutung. **Steuerinformationen** steuern den Fluss der Betriebsinformationen. Diese Informationen lösen Änderungen im System aus. Aktive Transformationen, Schnittstellen und Informationssenken können durch den Eingang einer Betriebsinformation ausgelöst werden, die in einem solchen Fall eine Doppelfunktion hat. Liegt eine solche Relation vor, wird diese als **Betriebssteuerinformation** bezeichnet. Bei der Gestaltung des Informationslogistiksystems werden Betriebsinformationen, Betriebssteuerinformationen und Steuerinformationen unterschiedlich behandelt (vgl. Kapitel 6).

von \ zu	Informations- quelle	Informations- senke	Transformation	Archiv	Schnittstelle	Trigger
Informationsquelle		→ ↘	→ ↘	→	→ ↘	
Informationssenke						
Transformation		→ ↘	→ ↘	→	→ ↘	
Archiv		→	→		→	
Schnittstelle		→ ↘	→ ↘	→		
Trigger	↓			↓	↓	

→ Betriebsinformationsflüsse ↘ Betriebssteuerinformationsflüsse ↓ Steuerinformationsflüsse

Tabelle 5.3: Relationen zwischen informationslogistischen Prozessen

In einem schlanken Informationslogistiksystem sind nur bestimmte Relationen erlaubt (vgl. Tabelle 5.3)²⁷. Betriebsinformationen gelangen durch die Ressourcen in das betrachtete Informationssystem. Prozesse der Klasse **Informationsquelle** haben daher nur einen Ausgang und keinen Eingang von Betriebsinformationsflüssen. Umgekehrt ist es bei den **Informationssenken**, die lediglich einen Eingang und keinen Ausgang von Betriebsinformationsflüssen haben. Neben diesen Einschränkungen sind nur Betriebsinformationsflüsse

²⁷Relationen können direkt im UML-Klassendiagramm dargestellt werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird jedoch eine Matrixdarstellung gewählt.

zwischen zwei Archiven und zwei Schnittstellen verboten, da diese dem Prinzip *zweckorientiert* widersprechen. Tritt dieser Fall auf, ist eine Prozessintegration notwendig. Alle anderen Relationen im Sinne von Betriebsinformationsflüssen sind erlaubt. Für Betriebssteuerinformationen gilt eine ähnliche Topologie wie für Betriebsinformationen. Da diese jedoch eine auslösende Funktion haben, ist ihre Entkopplung durch ein Archiv nicht erlaubt. Es dürfen daher keine Betriebssteuerinformationen in ein Archiv hinein oder aus einem Archiv hinaus gehen.

Steuerinformationen werden von einem Prozess der Klasse **Trigger** erzeugt (vgl. Abbildung 5.7). Dieser Prozess ist eine Kindklasse der Transformation und erbt daher alle hier definierten Attribute. Hinzu kommt das Attribut **typ**. Die Attribute **ausgangsinformation** und **eingangsinformation** sind vorgelegt. Die Eingangsinformation orientiert sich an dem in der Senke definierten Auslöser. Die Ausgangsinformation ist eine Steuerinformation, die eine passive Informations-

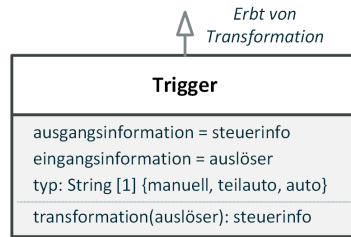


Abbildung 5.7: Die generische Klasse **Trigger**

quelle oder eine passive Transformation auslöst oder Betriebsinformationen aus einem Archiv anfordert. Ein Trigger-Prozess kann eine von drei verschiedenen Ausprägungen annehmen, die anhand des Attributs **typ** festgelegt wird. Ein Trigger kann manuell, automatisiert oder teilautomatisiert sein. Ein automatisierter Trigger ist beispielsweise ein Temperatursensor, der bei Überschreitung einer vorgegebenen Temperatur (= Auslöser) eine Sirene (= passive Ressource) auslöst, die ein Notfallsignal (= Betriebsinformation) ertönen lässt. Der Trigger ist über eine Aggregation mit der Informationssenke verbunden. Jeder Senke können mehrere Trigger zugeordnet sein, die jeweils eine der vorgelagerten passiven Transformationen, Ressourcen oder Archive auslösen. Die Steuerinformation aus dem Trigger ist ein extrinsischer Auslöser für passive Ressourcen, passive Transformationen und Archive. Eine Relation im Sinne einer Steuerinformation ist demnach nur zwischen einem Trigger und den genannten Prozessen erlaubt (vgl. Abbildung 5.3).

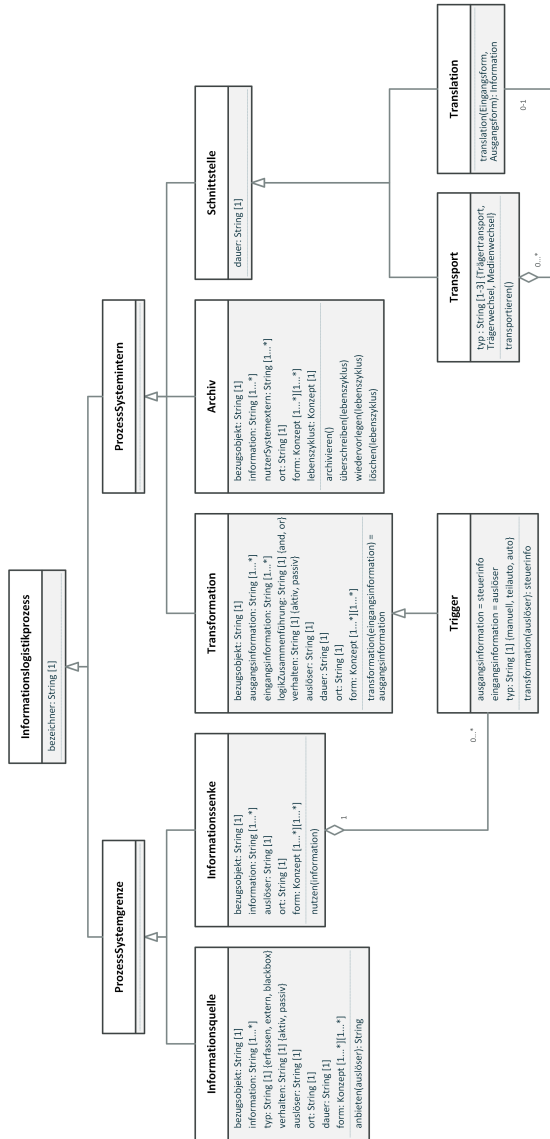


Abbildung 5.8: UML-Klassendiagramm: Generisches Modell informationslogistischer Prozesse

6 Methode zur Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems

In diesem Kapitel wird die entwickelte Methode zur Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems für Produktionsmitarbeiter (pragmatische Lösungskomponente) vorgestellt. Wie Erlach schreibt, muss man sich bei der Neugestaltung „ins Offene eines noch zu entwickelnden Zielzustandes begeben“ (Erlach 2010, S. 117). Die Methode liefert hierfür eine Handlungsanleitung, die den Prozess der Neugestaltung anleitet. Gemäß der VDI 2870 wird unter einer Methode eine standardisierte Vorgehensweise verstanden, die einem Set an Gestaltungsprinzipien zugeordnet ist und zur Erreichung eines Gestaltungsziels eingesetzt wird (Norm VDI 2870, S. 6). Die entwickelte Methode zur Erreichung des in Abschnitt 1.2 formulierten Gestaltungsziels besteht aus fünf standardisierten Schritten und stützt sich auf acht Gestaltungsrichtlinien (GR), die wiederum auf den in Abschnitt 4.3 vorgestellten fünf Gestaltungsprinzipien basieren. Jede Gestaltungsrichtlinie ist einem der fünf Schritte der Methode zugeordnet. Diese Zuordnung, sowie die fünf Methodenschritte sind in Abbildung 6.2 dargestellt. Der Einsatz von Gestaltungsrichtlinien wird mit der spezifizierten Anforderung P9²⁸ begründet. Auch im Wertstromdesign wird mit Gestaltungsrichtlinien gearbeitet, welche auf Prinzipien basieren. Der auf die Abstraktion bezogene Zusammenhang zwischen dem Gestaltungsziel, den Gestaltungsprinzipien und den Gestaltungsrichtlinien ist in Abbildung 6.1 dargestellt.

Die Arbeit mit Gestaltungsrichtlinien ist häufig ungewohnt, da diese sehr abstrakt und teilweise inhaltsleer erscheinen. Sie zeichnen sich jedoch durch verschiedene Merkmale aus. Die acht Gestaltungsrichtlinien sind als grundlegende Handlungsanleitungen zu verstehen. Sie sind weniger abstrakt als die in Abschnitt 4.3 vorgestellten Gestaltungsprinzipien, verlieren dadurch jedoch auch ihre Allgemeingültigkeit und (ausgelöst durch Teilzielkonflikte) ihre Widerspruchsfreiheit. In ihrer Gesamtheit beschreiben die Gestaltungsrichtlinien

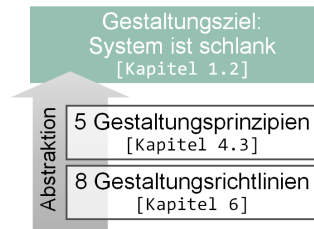


Abbildung 6.1: Gestaltungsebenen informationslogistischer Systeme in Anlehnung an Erlach et al. (2020)

²⁸P9: Die Gestaltungsmethode soll als Erweiterung der Wertstrommethode einsetzbar sein. Beide Methoden sollen in ihrer Darstellung und Vorgehensweise zusammen passen.

den zulässigen Lösungsraum vollständig und führen hin zu einer Ideallösung, welche alle zugrunde liegenden Gestaltungsprinzipien erfüllt. In der Umsetzung ergeben sich jedoch unterschiedlich hohe Erfüllungsgrade der Ideallösung. Gestaltungsrichtlinien beschreiben weder ein Vorgehen noch ein Ziel, sondern einen Lösungsansatz für die Gestaltung einer bestimmten Teilaufgabe. Die Anwendung der Gestaltungsrichtlinien dient einer logisch-methodisch sinnvollen Reihenfolge bei der Gestaltung und unterstützt bei Gestaltungsentscheidungen. (Erlach et al. 2020, S. 77–81)

Ein Set von Gestaltungsrichtlinien ist vollständig, wobei Vollständigkeit erreicht wird, indem jede Gestaltungsrichtlinie eine klar abgegrenzte Teilaufgabe mit ihren jeweiligen funktionalen Anforderungen adressiert (Erlach et al. 2020, S. 77–81). Im vorliegenden Fall ist dies für die Gestaltungsrichtlinien zwei bis acht gegeben. Anders als diese sieben Gestaltungsrichtlinien adressiert die erste Gestaltungsrichtlinie jedoch keine Teilaufgabe des zu gestaltenden System. Sie adressiert die von der Lean Production abweichende Definition von Wertschöpfung und Verschwendung, die sich darauf bezieht, dass Informationssysteme in dieser Arbeit als Befähiger-Systeme der eigentlichen Wertschöpfung im Wertstrom angesehen werden. Sie gibt außerdem den strategisch-technischen Rahmen vor, in dem gestaltet werden darf. Eine Formulierung dieser Gestaltungsrichtlinie als übergeordnetes Gestaltungsprinzip *integrierbar* scheint daher auf den ersten Blick nicht ausgeschlossen. Als Prinzip formuliert würde die Integrierbarkeit allerdings den anderen Prinzipien widersprechen, was laut Erlach et al. (2020, S. 79) im Sinne einer systemorientierten Technikwissenschaft nicht zulässig ist. Durch die Formulierung als erste Gestaltungsrichtlinie wird hingegen ihre Wichtigkeit verdeutlicht.

Neben den einzelnen Schritten der Methode und der Zuordnung der Gestaltungsrichtlinien sind in Abbildung 6.2 auch die Ziele der einzelnen Methodenschritte abgebildet. Sie entsprechen fast ausschließlich den in Abschnitt 4.3 hergeleiteten Gestaltungsprinzipien. Lediglich das Gestaltungsziel *integrierbar* des ersten Methodenschritts kommt neu hinzu. Eine detailliertere Darstellung der Methodenschritte und der einzelnen Unterschritte ist in Abbildung 6.12 zu finden. Im ersten Schritt wird der betrachtete Anwendungsfall erfasst und ein Gestaltungsrahmen festgelegt (vgl. Abschnitt 6.1). Insbesondere die Aufgabe des Informationsnutzers muss detailliert beschrieben werden. Anschließend wird in Schritt zwei eine erweiterte Informationsbedarfsanalyse für den Nutzer durchgeführt (vgl. Abschnitt 6.2). Im dritten Schritt geht es um die Gestaltung der Betriebsinformationsflüsse (vgl. Abschnitt 6.3), deren Steuerung im Schritt vier definiert wird (vgl. Abschnitt 6.4). Im abschließenden fünften Methodenschritt wird ein technischer Lösungsraum für das Informationslogistiksystem abgeleitet (vgl. Abschnitt 6.5).

Bei der schrittweisen Gestaltung des Informationssystems werden die generischen Klassen des Strukturdiagramms aus Kapitel 5 instanziiert und in einem Verhaltensdiagramm

Methodenschritte		Ziele der Methodenschritte
1	Erfassung von Gestaltungsvorgaben	GR 1: Das Informationslogistiksystem soll sich am Wertstrom und am bestehenden Informationssystem orientieren. integrierbar nutzerorientiert
2	Erweiterte Informationsbedarfsanalyse	GR 2: Das Informationslogistiksystem soll am Informationsbedarf des Informationsnutzers ausgerichtet werden. Perfektion anstrebend nutzerorientiert nachfragegesteuert
3	Gestaltung der Betriebsinformationsflüsse	GR 3: Transformationen sind nur dann einzusetzen, wenn die zu erzeugende Ausgangsinformation nicht von einer Ressource zur Verfügung gestellt werden kann. Transformationen sind soweit möglich zu integrieren.
		GR 4: Eine Ressource vom Typ <i>erfassen</i> ist nur dann zu verwenden, wenn die von dieser Ressource zur Verfügung gestellte Information weder im Unternehmen, noch außerhalb verfügbar ist.
		GR 5: Entkopplungsprozesse sind passiv zu gestalten. Die ihnen vorgelagerte Prozesskette ist aktiv zu gestalten, damit am Entkopplungsprozess aktuelle Informationen vorliegen.
		zweckmäßig nutzerorientiert nachfragegesteuert
4	Gestaltung von Archiven und Informationsflusssteuerung	GR 6: Archive überbrücken die Zeit zwischen der Entstehung oder dem Eingang einer Information in das System und ihrer Nutzung im Folgeprozess.
		GR 7: Jeder passive Prozess und jedes dem Nutzer vorangestellte Archiv ist von einer Steuerinformation anzusteuern, welche von einem Trigger erzeugt wird.
		nutzerorientiert, nachfragegesteuert
5	Ableitung eines technischen Lösungsraums	GR 8: Ist eine Änderung in Form oder Ort der Information unvermeidlich, muss ein Schnittstellenprozess verwendet werden. flussorientiert

Abbildung 6.2: Zuordnung von Methodenschritten, Gestaltungsrichtlinien und Gestaltungszielen

abgebildet. Dabei werden die für den Anwendungsfall notwendigen Attribute und Funktionen mit einem Wert belegt. Irrelevante Attribute und Funktionen werden in der Darstellung des Verhaltensdiagramms weggelassen. Die instanziierten Prozesse werden in einer sachlogischen bzw. zeitlichen Abfolge hintereinander dargestellt und durch Informationsflüsse miteinander verbunden. Informationsquelle und Informationssenke bilden, auch in der Darstellung sichtbar, die Systemgrenze. Aufgrund der spezifizierten Anforderung P9²⁸ dient der Wertstrom als Orientierung für die Darstellung des instanziierten Verhaltensdiagramms. Die Darstellung der Prozesse und Informationsflüsse erfolgt über Prozesskästen und verschiedene weitere graphische Symbole, die in diesem Kapitel erläutert werden. Unter einem graphischen Symbol wird laut der DIN 10209 ein „visuell wahrnehmbares Bild, das angewendet wird, um Informationen sprachunabhängig zu vermitteln“ (Norm

DIN EN ISO 10209, S. 50) verstanden. Eine Darstellung vollständig modellierter Informationslogistiksysteme ist in den Abbildungen 7.4/7.5 und 7.7/7.8 zu finden.

6.1 Erfassung von Gestaltungsvorgaben

Im ersten Schritt der Methode werden unternehmensexterne und unternehmensinterne Gestaltungsvorgaben erfasst. Dies beinhaltet beispielsweise die Beschreibung des Anwendungsfalls und der Aufgabe des Informationsnutzers. In der Fabrikplanung werden Planungsvorgaben systematisch über die Abfrage von Restriktionen, Randbedingungen und Rahmenbedingungen ermittelt (Erlach 2020, S. 296 f.). Dieses Vorgehen dient hier als Orientierung (vgl. Abbildung 6.3). In Anlehnung an Erlach wird unter einer **Rahmenbedingung** eine Bedingung verstanden, die den äußeren Gestaltungsrahmen absteckt und von der Unternehmensstrategie oder den Projektspensoren vorgegeben wird (Erlach 2020, S. 296 f.). Rahmenbedingungen adressieren häufig Fabrikziele oder entstammen der IT-Strategie. Ein Beispiel ist die Vorgabe, dass auf dem Shopfloor kein Papier eingesetzt werden darf. Auch Aspekte der IT-Governance oder der IT-Sicherheit können als Rahmenbedingung aufgenommen werden. **Randbedingungen**, also unternehmensexterne Vorgaben, können ebenfalls die Systemgestalt eingrenzen. Im Bereich von Informationssystemen sind dies häufig gesetzliche Vorgaben, die den Datenschutz und die Datensicherheit gewährleisten sollen. Ein Beispiel für eine Randbedingung sind Vorgaben zur Speicherdauer von sicherheitskritischen Produktdaten, die eine Rückverfolgbarkeit gewährleisten.

Gestaltungsvorgaben		
<p>Rahmenbedingungen</p> <p>Bedingungen, die den äußeren Rahmen abstecken und von der Unternehmensstrategie oder den Projektspensoren vorgegeben werden (z.B. IT-Strategie, IT-Sicherheit, Governance)</p>	<p>Randbedingungen</p> <p>Explizite Vorgaben, die bei der Gestaltung zu beachten sind und von Unternehmensexternen vorgegeben werden (z.B. gesetzliche Vorgaben zu Datenschutz und Datensicherheit)</p>	<p>Restriktionen</p> <p>Einschränkungen für den Spielraum des Gestalters, die sich aus der Systemumgebung ergeben z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wertstrom, • Anwendungsfall (inkl. Aufgabe des Informationsnutzers), • IT-Architektur, IT-Infrastruktur.

Abbildung 6.3: Systematische Abfrage von Gestaltungsvorgaben

In Anlehnung an Erlach wird unter einer **Restriktion** eine Einschränkung für den Gestalter verstanden, die sich aus der Systemumgebung des zu gestaltenden Systems ergibt (Erlach 2020, S. 296 f.). Bei der Gestaltung eines Informationslogistiksystems für Produktionsmitarbeiter können sich Restriktionen beispielsweise durch den Wertstrom, den betrachteten Anwendungsfall oder die konkrete Aufgabe des betrachteten Informationsnutzers ergeben. Auch IT-Architektur und IT-Infrastruktur geben häufig Einschränkungen

gen für das neu zu gestaltende Informationssystem vor. Um die vorliegenden Restriktionen zu erfassen, ist die Beschreibung des Anwendungsfalls eine Grundvoraussetzung, da hier deutlich wird, an welcher Stelle die Wertschöpfung im Unternehmen stattfindet und warum welcher Mitarbeiter welche Informationen benötigt. Außerdem ist ein Verständnis des Anwendungsfalls notwendig, um die Aufgabe des Informationsnutzers zu verstehen und somit dem Prinzip *nutzerorientiert* gerecht zu werden.

Die Nutzerorientierung ist gleichzeitig ein Ziel dieses ersten Methodenschritts. An dieser Stelle kann es auch sinnvoll sein, den Wertstrom aufzunehmen, an dem der Informationsnutzer beteiligt ist oder einen Teil des bestehenden Informationssystems zu skizzieren. Auf Basis des vorliegenden Anwendungsfalls wird die konkrete Aufgabe des betrachteten Informationsnutzers beschrieben. Häufig bedingen sich die Informationsverfügbarkeit und die Aufgabe des Informationsnutzers gegenseitig, sodass hier bereits in die Diskussion um den Informationsbedarf eingestiegen wird. Auch wenn der Informationsbedarf erst später detailliert erfasst wird, kann diese Diskussion hier sinnvoll sein. Als Ergebnis kann es zu einer weiteren Detaillierung oder Anpassung des Anwendungsfalls oder zur Ableitung organisatorischer Maßnahmen kommen, die im Vorfeld der Systemgestaltung umgesetzt werden müssen. Sind Anwendungsfall und Aufgabe des Informationsnutzers nicht detailliert genug beschrieben, kann es im weiteren Verlauf der Systemgestaltung dazu kommen, dass der Informationsbedarf unklar ist oder Gestaltungsentscheidungen nicht eindeutig getroffen werden können.

Alle Rahmenbedingungen, Randbedingungen und Restriktionen müssen in den weiteren Gestaltungsschritten beachtet werden. Bezogen auf die Restriktionen verdeutlicht dies den Stellenwert des Informationslogistiksystems als Befähiger-System. Es dient dem Zweck, Produktionsmitarbeiter effizient und effektiv mit Informationen zu versorgen, sodass diese ihre Aufgaben richtig und schnell erfüllen können. Das neu zu gestaltende System soll in das bestehende soziotechnische (Produktions-)System integriert werden können. Dies entspricht dem zweiten Ziel des ersten Methodenschritts. Aus dieser Überlegung folgt die erste Gestaltungsrichtlinie die besagt, dass sich Informationssysteme am Wertstrom orientieren sollen. Des Weiteren sollen sie in eine bestehende IS-Landschaft integrierbar sein. Beispiele für die Anwendung der ersten Gestaltungsrichtlinie sind in den Fallstudien in Kapitel 7.2.1 und 7.2.2 zu finden.

<p>Gestaltungsrichtlinie 1: Das Informationslogistiksystem soll sich am Wertstrom und am bestehenden Informationssystem orientieren.</p>

6.2 Erweiterte Informationsbedarfsanalyse

Der zweite Methodenschritt wird wie der erste benötigt, um dem Prinzip *nutzerorientiert* gerecht zu werden. Dies wird in Gestaltungsrichtlinie 2 adressiert, die deutlich macht, dass vor der eigentlichen Systemgestaltung die Durchführung einer Informationsbedarfsanalyse notwendig ist. Wie in Kapitel 3 beschrieben, gibt es bereits verschiedene ausgereifte Ansätze, den Informationsbedarf eines Aufgabenträgers zu bestimmen. Viele der vorgestellten Ansätze erfassen jedoch ausschließlich die *richtige Information*, die sich unter anderem aus der Aufgabenstellung des Aufgabenträgers ergibt. Im Sinne der Informationslogistik müssen jedoch alle 4R abgefragt werden, die *richtige Information*, die *richtige Zeit*, der *richtige Ort* und die *richtige Form*. Aus diesem Grund wird dieser Methodenschritt als **erweiterte** Informationsbedarfsanalyse bezeichnet. Bei der Erfassung und Beschreibung der 4R sollten die Dimensionen der Informationsqualität als Orientierung dienen, um dem Prinzip *Perfektion anstre bend* gerecht zu werden. Es müssen jedoch nur die relevanten Dimensionen beschrieben werden.

Gestaltungsrichtlinie 2: Das Informationslogistiksystem soll am Informationsbedarf des Informationsnutzers ausgerichtet werden.

Zunächst wird das für den Nutzer relevante Informationsbündel aus der Aufgabenbeschreibung des Informationsnutzers und dessen personenspezifischen Merkmalen abgeleitet. Für die Bestimmung der *richtigen Information* können kombinierte Methoden der Informationsbedarfsanalyse verwendet werden (vgl. Kapitel 3). Die Auswahl einer Methode ist abhängig vom betrachteten Anwendungsfall und dem konkreten Unternehmen. Aus diesem Grund werden im Folgenden nur Vorschläge oder allgemeingültige Empfehlungen gegeben. "Mit zunehmendem Anteil an operativen Aufgabenstellungen steigt die Bedeutung aufgabenorientierter, objektiver Verfahren zur Informationsbedarfsermittlung [...]" (Krcmar 2015b, S. 126). Die hier betrachteten Informationsnutzer arbeiten überwiegend operativ als Produktionsmitarbeiter, weshalb ein Fokus auf objektive Verfahren wie beispielsweise die *Input-Prozess-Output-Analyse* sinnvoll ist. Hier wird der Informationsbedarf entlang einer Prozesskette ermittelt, bei deren einzelnen Prozessschritten Input, Output und Informationsverarbeitung betrachtet werden (Krcmar 2015b, S. 125 zitiert nach Voß et al. 2001).

Trotz dieses operativen Schwerpunkts in der Analyse des Informationsbedarfs sollten die subjektiven Informationsbedürfnisse der Informationsnutzer beachtet werden. Neben einem spezifischeren Ergebnis steigert dies die Akzeptanz neuer Informationssysteme bei den Produktionsmitarbeitern. Für eine kombinierte Methode bietet sich die *strukturierte*

Befragung an. Auf Basis einer objektiven Prozessanalyse²⁹ wird ein Interviewleitfaden gestaltet, der während des Interviews durch den befragten Informationsnutzer kommentiert oder erweitert werden kann (Krcmar 2015b, S. 125). Sind die befragten Informationsnutzer Wertstrommitarbeiter, bietet sich die Methode von Gessert et al. (2019, S. 859 ff.) an. Auf Basis einer Wertstromanalyse werden die Mitarbeiter nach den bei ihnen ein- und ausgehenden Informationen befragt. Wird diese Ist-Analyse um die Betrachtung zukünftiger Szenarien erweitert, spricht Krcmar (2015b, S. 126) von dem gemischten Verfahren *Entwicklung aus dem Bestehenden*. Dies ist sinnvoll, wenn Änderungen am Wertstrom oder in der Aufgabenbeschreibung des Informationsnutzers absehbar sind. Das Ergebnis der Informationsbedarfsanalyse umfasst eine Liste mit den vom Informationsnutzer benötigten Informationen.

Bei der Abfrage der *richtigen Form* dieser Informationen ist eine Orientierung an den genannten 15 Informationsqualitätskriterien sinnvoll (vgl. Abschnitt 2.2.2), da das Attribut **form** andernfalls schwer greifbar ist. Auch hier gilt es über eine Befragung herauszufinden, welche Kriterien für den betrachteten Anwendungsfall relevant sind. Die Fehlerfreiheit einer Information ist häufig relevant, jedoch nicht leicht zu beschreiben. Eine Information ist fehlerfrei, wenn sie mit der gegenwärtigen oder der vergangenen Realität übereinstimmt. Hier muss die Frage beantwortet werden, zu welcher Zeit die Information mit der Realität übereinstimmen muss und welche Realität, also welches Objekt beschrieben werden soll. Hohes Ansehen, Objektivität und Glaubwürdigkeit einer Information sind in den hier betrachteten Anwendungsfällen meist nicht relevant. Anforderungen an die Darstellung einer Information, die sich in den Dimensionen Übersichtlichkeit, einheitliche Darstellung, eindeutige Auslegbarkeit und Verständlichkeit ausdrücken, haben einen Einfluss auf die im letzten Methodenschritt zu gestaltende Nutzerschnittstelle und deren technische Realisierung. Dies gilt im gleichen Maß für die Dimensionen Zugänglichkeit und Bearbeitbarkeit. Eine, insbesondere für die Gestaltung der Informationsflusssteuerung und das Prinzip *nachfragegesteuert*, relevante Dimension ist die Aktualität der Informationen. Eine Information ist aktuell, wenn sie die tatsächlichen Eigenschaften des beschriebenen Objekts zeitnah abbildet. Hier muss die Frage beantwortet werden, wie aktuell Informationen sein müssen, wenn sie beim Nutzer ankommen. Diese Anforderung hat einen Einfluss auf den technischen Lösungsraum, der später definiert wird. Beispielsweise kann hiervon die Leistungsstärke bestimmter Systemelemente abhängig sein.

Die Frage nach der Vollständigkeit eines Informationsbündels hängt eng mit der Frage nach der *richtigen Zeit* zusammen. Ein Informationsbündel ist vollständig, wenn keine der benötigten Informationen fehlt bzw. alle Informationen zum festgelegten Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Dieser Zeitpunkt ist hier zu definieren, wobei er verschiedene Ausprä-

²⁹Die Prozessanalyse kann aus der Input-Prozess-Output-Analyse stammen.

gungen annehmen kann. Natürlich kann es sich um einen zu definierenden Zeitpunkt, wie beispielsweise den Schichtbeginn handeln. Die *richtige Zeit* kann auch durch eine Frequenz oder ein bestimmtes Ereignis beschrieben werden. Beispielsweise kann folgende Regel gelten: Immer dann, wenn ein Logistiker das Lager betritt, benötigt er eine Information über den Liegeort der von ihm abzuholenden Materialien. Häufig wird eine Information auch dann neu benötigt, wenn sie sich ändert. Die Beschreibung der *richtigen Zeit* ist für die Prinzipien *nutzerorientiert* und *nachfragegesteuert* wichtig.

Aufgrund ihrer Eigenschaften kann eine Information an verschiedenen Orten gleichzeitig vorliegen. Der *richtige Ort* einer Information kann durch den physischen Repräsentanten der Information, den Ort des Informationsträgers oder den Ort eines Anzeigemediums definiert sein. Welcher Ort gemeint ist, gilt es hier festzulegen. Die Beschreibung des *richtigen Orts* hat ebenfalls einen Einfluss auf die technische Realisierung der Nutzerschnittstelle. Des Weiteren muss das zu gestaltende Informationslogistiksystem gewährleisten, dass der beschriebene Ort erreicht wird.

Instanziierung und Modellierung der Informationssenke Auf Basis der erhobenen Anforderungen wird die Informationssenke instanziiert. Sie wird mit einem aus dem Wertstromdesign bekannten Prozesskasten dargestellt. Wichtig ist die eindeutige Bezeichnung des Informationsnutzers, die in den Kopf des Prozesskastens geschrieben wird. Der Kopf aller Prozesse der Systemgrenze wird grün hinterlegt. Die Beschreibung eines Informationsbedarfs in allen Dimensionen kann sehr umfangreich sein. Welche der instanziierten Attribute zusätzlich im Modell dargestellt werden, ist abhängig vom Anwendungsfall und wird dem Gestalter überlassen. Es wird jedoch empfohlen das Informationsbündel vollständig darzustellen. Insbesondere während der Erfassung des Informationsbedarfs bietet sich dessen Darstellung in einer Matrix an (vgl. Tabelle 5.2), die um die Spalten *Zeit* und *Ort* erweitert werden kann. Werden echtzeitkritische Informationen benötigt, sollten diese zusätzlich unterstrichen werden. Bei der späteren Gestaltung der Informationsflusssteuerung und der Eingrenzung des technischen Lösungsraums spielen diese Informationen eine gesonderte Rolle. Ihre bedarfsgerechte Bereitstellung ist erfahrungsgemäß eine Herausforderung, die spezieller Aufmerksamkeit bedarf.

Beispiele für die unterschiedliche Darstellung einer Informationssenke sind in den zwei Fallstudien auf den Seiten 151 und 163 zu finden. Beim ersten Anwendungsfall wird neben dem Informationsbündel auch die Zeit dargestellt, da hier unterschiedliche Informationsbündel zu verschiedenen Zeiten benötigt werden. Beim zweiten Anwendungsfall wird nur der Kopf des Prozesskastens dargestellt, da hier keine echtzeitkritischen Informationen benötigt werden und das vollständige Informationsbündel im vorgelagerten Archiv dargestellt ist. Auch wenn nicht alle Anforderungen dargestellt werden, ist ihre detaillierte

Erfassung und Vergegenwärtigung wichtig, da sie auf viele später zu treffende Gestaltungsentscheidungen einen Einfluss haben. Bei jeder Gestaltungsentscheidung gilt die oben formulierte Gestaltungsrichtlinie 2. Wird Methodenschritt zwei übersprungen oder der Informationsbedarf ungenügend erfasst, wird es im späteren Verlauf der Gestaltung sehr schwierig fundierte Entscheidungen zu treffen und es kann schnell zu Fehlern kommen.

6.3 Gestaltung des Flusses der Betriebsinformationen

In diesem Schritt der Systemgestaltung werden ausschließlich Informationsressourcen und Informationstransformationen modelliert und durch Betriebsinformationsflüsse miteinander verbunden (vgl. Abbildung 6.4). Anschließend werden Betriebssteuerinformationen und Entkopplungsprozesse identifiziert. Die Betriebsinformationsflüsse werden in Fließrichtung zunächst durch

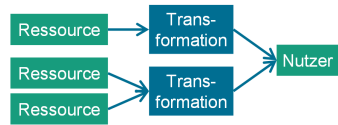


Abbildung 6.4: Fluss der Betriebsinformationen (verkürzte Darstellung)

dunkelblaue Pfeile dargestellt. Aufgrund des Prinzips *nutzerorientiert* und der zweiten Gestaltungsrichtlinie, wird der Fluss der Betriebsinformationen von hinten nach vorne gestaltet. So hat jeder zu modellierende Prozess einen Nutzer in Form eines bereits modellierten Nachfolgeprozesses. Eine Transformation stellt häufig eine Zusammenführung mehrerer Prozessketten dar. Da von hinten nach vorne gestaltet wird, müssen nach einer solchen Transformation (Zusammenführung) mehrere Stränge weiter verfolgt werden. Ein Informationslogistiksystem hat demnach, bezogen auf die Fließrichtung einer Betriebsinformation, eine lineare oder konvergente Form. Für jede der vom Informationsnutzer nachgefragten Information wird eine vollständige informationslogistische Prozesskette gestaltet, d.h. jede Prozesskette beginnt mit einer Informationsressource.

Die Gestaltung jeder Transformation oder Ressource unterliegt dem Zweckmäßigkeitskriterium. Um dem Prinzip *zweckmäßig* gerecht zu werden, sind diesem Methodenschritt die drei Gestaltungsrichtlinien 3, 4 und 5 zugeordnet, welche sich auf die Funktionen der Ressource und der Transformation beziehen. Neben diesen Gestaltungsrichtlinien müssen auch hier die bereits formulierten Restriktionen, Rahmenbedingungen und Randbedingungen aus dem ersten Methodenschritt beachtet werden. Dies verdeutlicht erneut die Rolle des Informationslogistiksystems als Befähiger-System. Die Beachtung der Restriktionen, Rahmenbedingungen und Randbedingungen erfolgt, indem bestimmte Prozessattribute der Ressourcen und Transformationen bereits an dieser Stelle, andere erst im weiteren Verlauf der Methode instanziiert werden. Attribute werden entweder hier festgelegt, wenn die realisierende Technik eines Prozesses feststeht und eine Vorgabe für ein Attribute

darstellt. Oder sie werden hier festgelegt, wenn der Wertstrom eine Restriktion für ein Attribut liefert. Sind diese beiden Fälle nicht gegeben, werden die Attribute erst im späteren Verlauf der Methode instanziiert.

Modellierung der Transformationen Transformationen sollen nur dann eingesetzt werden, wenn die zu erzeugende Ausgangsinformation nicht von einer Ressource zur Verfügung gestellt werden kann (vgl. GR 3). Dies gilt es zu überprüfen. Liegt die benötigte Information bereits vor, verliert die Transformation ihren Zweck. Als Folge werden Informationen häufig doppelt gespeichert, sodass neben der *Überproduktion* auch die informationslogistische Verschwendungsart *Archiv* auftritt. Transformationsprozesse müssen zunächst so granular wie möglich aufgenommen werden, selbst wenn mehrere Transformationen direkt hintereinander liegen. Im späteren Verlauf der Methode wird ihre Integration geprüft. Die Attribute **bezugsobjekt**, **ausgangsinformation**, **eingangsinformation** und **logikZusammenführung** müssen an dieser Stelle für jede Transformation beschrieben werden. Anschließend muss geprüft werden, ob für die zu modellierende Transformation eine Gestaltungsvorgabe vorliegt, welche die Attribute **verhalten**, **auslöser**, **dauer**, **ort** oder **form** beeinflusst. Diese Attribute werden an dieser Stelle der Methode nur modelliert, wenn Vorgaben aus dem ersten Methodenschritt sie eindeutig definieren.

Infobündel Abrüsten erzeugen	
	<i>digital</i>
➤	Bezugsobjekt: Mat.-Nr.
➤	A-Info: Mat.-Nr., Fehlmenge, verfügbare Menge
➤	E-Info: Mat.-Nr., Fehlmenge, verbrauchte Menge pro Rüstung
➤	LogikZ: AND
	Verhalten: aktiv
	Auslöser: Vorprozess als Trigger
	Dauer: wenige Millisekunden
	Ort: zentral

Zu beschreiben

Abbildung 6.5: Beispiel für einen instanziierten Transformationsprozess

Gestaltungsrichtlinie 3: Transformationen sind nur dann einzusetzen, wenn die zu erzeugende Ausgangsinformation nicht von einer Ressource zur Verfügung gestellt werden kann. Transformationen sind soweit möglich zu integrieren.

Auch die Transformationen werden durch einen Prozesskasten dargestellt, in dessen Kopf ein eindeutiger Bezeichner geschrieben wird. Da es sich bei der Transformation um einen systeminternen Prozess handelt, wird der Kopf blau eingefärbt. In einem Kästchen unter dem Bezeichner wird, falls bereits definiert, die Form der Ausgangsinformation beschrieben. Alle anderen relevanten Attribute werden in Tabellenform darunter dargestellt. Eine Beispieltransformation ist in Abbildung 6.5 abgebildet.

Modellierung der Informationsquellen In diesem Modellierungsschritt müssen Entscheidungen hinsichtlich der verschiedenen Ausprägungen der Informationsquellen getroffen werden. Wie in Abschnitt 5.1.2 beschrieben, kann mit einer Informationsressource ein angrenzendes System als Blackbox dargestellt werden. In diesem Fall muss die Prozesskette nicht weiter verfolgt werden und endet mit der Blackbox-Ressource. Diese wird an Stelle einer Transformation eingefügt, wenn die durch die Transformation zu erzeugende Information bereits im Unternehmen vorliegt und der Prozess bis zur Entstehung der Information nicht betrachtet werden soll. Es stellt sich außerdem häufig die Frage, ob Informationen erfasst oder abgerufen werden sollen. Eine Außentemperatur kann beispielsweise selbstständig durch Sensorik erfasst (Typ: erfassen) oder von einem Wetterdienst abgefragt werden (Typ: extern). Diese Entscheidung wird in Gestaltungsrichtlinie 4 adressiert. Um eine mehrfache Erfassung und Speicherung von Informationen zu vermeiden, soll eine Ressource vom Typ erfassen nur verwendet werden, wenn die von der Ressource zur Verfügung gestellte Information nicht im Informationsangebot vorhanden ist. Allerdings sollte die vorhandene Information alle Anforderung erfüllen.

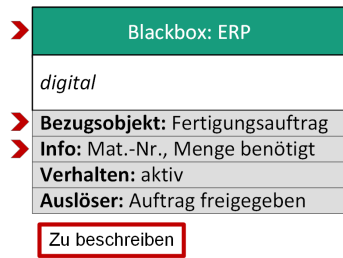


Abbildung 6.6: Beispiel für eine instanziierte Ressource

Gestaltungsrichtlinie 4: Eine Ressource vom Typ **erfassen** ist nur dann zu verwenden, wenn die von dieser Ressource zur Verfügung gestellte Information weder im Unternehmen, noch außerhalb verfügbar ist.

Für die Informationsquellen werden ebenfalls bestimmte Attribute bereits an dieser Stelle instanziiert. Hierzu zählen das **bezugsobjekt** der Quelle sowie die **information**, die von der Ressource angeboten wird. Außerdem wird der **typ** der Ressource festgelegt. Auch hier wird geprüft, ob für die zu modellierende Ressource Rahmenbedingungen, Randbedingungen oder Restriktionen vorliegen. **verhalten**, **auslöser**, **dauer**, **ort** und **form** können abhängig hiervon sein und werden an dieser Stelle nur dann modelliert, wenn die Vorgabe sie eindeutig definiert. In den grün hinterlegten Kopf des Prozesses wird ein eindeutiger Prozessbezeichner geschrieben. Das Attribut **typ** der Ressource wird in der Darstellung der Prozessbezeichnung voran gestellt. Das Attribut **form** wird in einem extra Kästchen unterhalb der Prozessbezeichnung beschrieben. Die restlichen Attribute werden wie bei der Transformation in einer Tabelle unterhalb dieses Kästchens dargestellt. Ein Beispiel für eine instanziierte Ressource ist in Abbildung 6.6 abgebildet. Bevor im An-

schluss Betriebssteuerinformationen und Entkopplungsprozesse festgelegt werden, sollte an dieser Stelle überprüft werden, ob Transformationen integriert werden können.

Festlegen von Betriebssteuerinformationen und Entkopplungsprozessen Sind alle Stränge ausgehend vom Nutzer bis zu einer Ressource modelliert, werden nacheinander Betriebssteuerinformationen und Entkopplungsprozesse identifiziert und die noch offenen Attribute **verhalten** und **auslöser** definiert. Auch dieser Schritt wird vom Nutzer ausgehend vorgenommen und dient dem Prinzip *nachfragegesteuert*. Eine Betriebsinformation wird zur Betriebssteuerinformation, wenn sie einen nachfolgenden Prozess auslöst. Eine solche Information wird hellblau eingefärbt. Auch der Nutzer kann durch eine Betriebsinformation angesteuert werden. Ist dies der Fall, wird auch diese Betriebsinformation zur Betriebssteuerinformation und somit hellblau eingefärbt. Bei allen Prozessen deren Eingangsinformation eine Betriebssteuerinformation (hellblau) ist, können Auslöser und Verhalten modelliert werden. Diese Prozesse sind aktiv und haben als Auslöser ihren jeweiligen Vorgängerprozess.

Ein Entkopplungsprozess ist eine Ressource oder Transformation, deren Ausgangsinformation im Sinne der Semantik direkt vom Informationsnutzer verwendet werden kann und die keine Betriebssteuerinformation ist. Bis zu einem solchen Prozess dürfen Informationen in das System hineingeschoben werden. Ab einem Entkopplungsprozess sollten sie nachfragegesteuert fließen, damit die ausgehende Information bis zu ihrer Nutzung nicht veraltet. Das **verhalten** dieser Prozesse wird nach Möglichkeit passiv gestaltet (GR 5). Der **auslöser** wird auf „Nutzeranfrage“ gesetzt. Die Pfeile der aus den Entkopplungsprozessen ausgehenden Betriebsinformationen werden gelb eingefärbt.

Die Prozesse der Prozessketten vor einem Entkopplungsprozess sollten auf Grund des Prinzips *nutzerorientiert* aktiv gestaltet werden, denn am Ende einer durchgehend aktiven Prozesskette (ohne Archive) liegen immer aktuelle Informationen an. Der Auslöser dieser aktiven Prozesse wird für Ressourcen und Transformationen prozessspezifisch beschrieben. Er kann intrinsischer Natur oder durch einen materiellen, informellen oder energetischen Einfluss gegeben sein. Auslöser von Ressourcen, genauso wie Auslöser von Transformationen aus der Systemumgebung, werden nicht dargestellt.

Gestaltungsrichtlinie 5: Entkopplungsprozesse sind passiv zu gestalten. Die ihnen vorgelagerte Prozesskette ist aktiv zu gestalten, damit am Entkopplungsprozess aktuelle Informationen vorliegen.

Bei der Modellierung von Verhalten und Auslöser kann es aufgrund der definierten Gestaltungsvorgaben aus Methodenschritt eins zu Widersprüchen kommen (vgl. Abbildung 6.7). Viele Ressourcen oder Transformationen, die eine vom Nutzer direkt verwendbare

Information in das System eingeben, sind aufgrund von Gestaltungsvorgaben aktiv. Sie werden nicht nutzerorientiert ausgelöst (Widerspruch Fall 1). Andererseits kann es passieren, dass aufgrund einer Gestaltungsvorgabe Ressourcen oder Transformationen passiv sind, obwohl diese laut Gestaltungsrichtlinie 5 aktiv zu gestalten wären (Widerspruch Fall 2). In jedem Fall gilt, dass jede Ressource und jede Transformation genau einen Auslöser haben darf, der modelliert wird. Gibt es widersprüchliche Anforderungen an das Verhalten eines Prozesses, wird die ausgehende Betriebsinformation des Prozesses rot dargestellt, um den Widerspruch in der Abbildung deutlich zu machen. Die Gestaltungslösungen für die zwei Widersprüche werden in Abschnitt 6.4 vorgestellt.



Abbildung 6.7: Mögliche Gestaltungswidersprüche

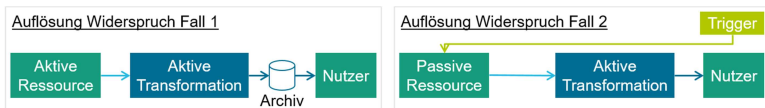


Abbildung 6.8: Auflösung der Gestaltungswidersprüche

6.4 Gestaltung von Archiven und Informationsflusssteuerung

In diesem Abschnitt wird das schrittweise Vorgehen beim Gestalten der Steuerung der Betriebsinformationsflüsse erläutert. Mit diesem Schritt werden die zwei Prinzipien *nutzerorientiert* und *nachfragegesteuert* bedient. Für die Gestaltung werden die Prozessklassen *Archiv* und *Trigger* verwendet. Mit Archiven kann der Widerspruch Fall 1 aufgelöst werden. Der Trigger löst den Widerspruch Fall 2.

Modellierung von Archiven Archive werden eingesetzt, wenn zwischen einer Informationsressource oder einer Transformation und einer Informationsnutzung durch den Folgeprozess Zeit vergeht. Dies geschieht dann, wenn aktive Ressourcen oder Transformationen Informationen in das System hinein „schieben“, die erst zu einem späteren Zeitpunkt genutzt werden. Aus informationslogistischer Sicht liegt diese Problemstellung

beispielsweise vor, wenn ein Prozess mehrere Informationen aus unterschiedlichen Quellen zur selben Zeit benötigt. Archive werden überall dort eingesetzt, wo dunkelblaue Betriebsinformationsflüsse verblieben sind. Die hellblauen Betriebssteuerinformationen und die gelben, aus den passiven Entkopplungsprozessen stammenden Betriebsinformationen dürfen nicht durch ein Archiv entkoppelt werden. Mit diesem Gestaltungsschritt kann außerdem der Widerspruch Fall 1 aus dem vorangegangenen Abschnitt aufgelöst werden. Das heißt, aktive Prozesse, die nach Gestaltungsrichtlinie 5 passiv sein sollten, werden von ihrem Nachfolgeprozess durch ein Archiv entkoppelt. Nach dem Einsetzen des Archivs gehen die vormals rot dargestellten Betriebsinformationsflüsse als dunkelblaue Betriebsinformationsflüsse in das Archiv hinein und wieder hinaus (vgl. Abbildung 6.8).

Bei der Instanziierung der Archive werden zunächst die Attribute **bezeichner**, **bezugsobjekt** und **information** festgelegt. Anschließend werden alle identifizierten Nutzer über das Attribut **nutzerSystemextern** eingetragen. Die **form** der Informationen im Archiv wird nur modelliert, wenn sie aufgrund einer Rahmenbedingung, einer Restriktion oder einer Randbedingung fest vorgegeben ist. Gibt es mehrere Nutzer der im Archiv liegenden Informationen wird der **ort** des Archivs zunächst mit „zentral“ beschrieben. Bei nur einem Nutzer kann eine dezentrale Archivierung vorgenommen werden. Sowohl das Attribut **ort** als auch das Attribut **form** werden in Abschnitt 6.5 final definiert. Für jede Information im Archiv wird ein **lebenszyklus** beschrieben, um den Aufbau unnötiger Informationsarchive zu vermeiden. Archive werden durch einen Zylinder dargestellt (vgl. Abbildung 6.9). Der Bezeichner des Archivs wird in den Kopf des Zylinders geschrieben. Die restlichen Attribute werden im Bauch des Zylinders dargestellt. Haben unterschiedliche Informationen unterschiedliche Lebenszyklen, werden Information und Lebenszyklus gemeinsam dargestellt.

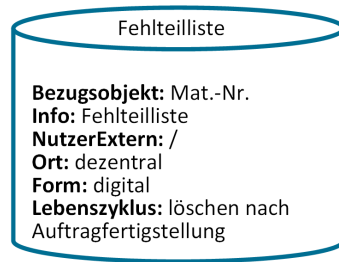


Abbildung 6.9: Beispiel für ein instanziiertes Archiv

Sowohl das Attribut **ort** als auch das Attribut **form** werden in Abschnitt 6.5 final definiert. Für jede Information im Archiv wird ein **lebenszyklus** beschrieben, um den Aufbau unnötiger Informationsarchive zu vermeiden. Archive werden durch einen Zylinder dargestellt (vgl. Abbildung 6.9). Der Bezeichner des Archivs wird in den Kopf des Zylinders geschrieben. Die restlichen Attribute werden im Bauch des Zylinders dargestellt. Haben unterschiedliche Informationen unterschiedliche Lebenszyklen, werden Information und Lebenszyklus gemeinsam dargestellt.

Gestaltungsrichtlinie 6: Archive überbrücken die Zeit zwischen der Entstehung oder dem Eingang einer Information in das System und ihrer Nutzung im Folgeprozess.

Modellierung von Triggern Nach der Modellierung der Archive werden die nutzerorientierten Trigger gestaltet. Hiermit wird sichergestellt, dass passive Ressourcen und Transformationen Informationen nutzerorientiert zur Verfügung stellen. Des Weiteren wird der

Widerspruch Fall 2 aus Kapitel 6.3 aufgelöst. Auch bei der Modellierung der Trigger gilt es, Vorgaben aus dem ersten Methodenschritt zu beachten und darauf aufbauend Lösungen für die Informationsflusssteuerung zu gestalten. Der Trigger ist eine Kindklasse der Transformation. Pro Informationsnutzer können verschiedene Trigger notwendig sein. Im Strukturdiagramm ist dies durch die Aggregation zwischen Trigger und Informationssenke dargestellt. Wie in Kapitel 5 beschrieben, kann ein Auslöser für eine passive Ressource oder Transformation nur extrinsisch sein. Grundsätzlich muss jeder passive Prozess und jedes, dem Nutzer direkt vorangestellte Archiv durch einen Trigger angesteuert werden. Die Abfrage anderer Archive in der vorgelagerten Prozesskette wird nicht dargestellt. Bei einer Kette passiver Elemente wird nur das in Fließrichtung der Betriebsinformationen erste Element durch einen Trigger angesteuert. Die nachfolgenden passiven Prozesse werden zu aktiven Prozessen, die von ihrem Vorgänger ausgelöst werden.

Ein Trigger kann manuell, automatisiert oder teilautomatisiert gestaltet werden. Ein instanzierter Trigger ist in Abbildung 6.10 dargestellt. Auch dieser Prozess wird mit einem Prozesskasten abgebildet. Der Bezeichner wird in den gelb hinterlegten Kopf geschrieben. Die instanziierten Attribute werden im eigentlichen Prozesskasten dargestellt. Die ausgehende Steuerinformation wird mit einem gelben Pfeil dargestellt. Die vormals gelb dargestellte Ausgangsinformation der Entkopplungsprozesse wird entsprechend ihrer Funktion blau eingefärbt. Ein manueller Trigger wird durch den Informationsnutzer realisiert. Der Mitarbeiter muss eine Tätigkeit, beispielsweise eine Datenbankabfrage durchführen. Dies kann zeitintensiv und unnötig sein. In diesem Fall läge die klassische Verschwendungsart *Bewegung* vor. Bei einem teilautomatisierten Trigger kann der Impuls vom Mitarbeiter ausgehen, in dem er beispielsweise einen Barcode einscannt und somit einen Informationsbedarf meldet. Die eigentliche Abfrage ist aber bereits vorformuliert. Das Abrufen eines Informationsbündels nimmt hier sehr viel weniger Zeit in Anspruch. Für einen automatisierten Trigger muss der Auslöser der Informationssenke modellierbar sein. Ein Zeitpunkt oder eine Frequenz sind leicht abbildbar. Bestimmte, einen Auslöser darstellende Ereignisse können ebenfalls modelliert werden; beispielsweise die räumliche Veränderung eines Fabrikobjekts, welche digital erfasst wird.

Trigger
A.Info: Anfrage, Menge gefundener Komponenten
Auslöser: Nicht alle Fehlteile sind in Abrüsten vorhanden
Typ: manuell

Abbildung 6.10: Beispiel für einen instanziierten Trigger

Die Gestaltung des Ressourcen- oder Transformations-Triggers kann eine Herausforderung sein, wenn die Ausgangsinformationen des Prozesses echtzeitkritisch sind. Insbesondere in diesem Fall hilft ein Blick auf die im zweiten Methodenschritt vorgenommene

erweiterte Informationsbedarfsanalyse. Bei der Beschreibung der 4R finden sich Hinweise auf mögliche Gestaltungslösungen für den Trigger. Die Funktion **transformation** eines Triggers kann beliebig komplex sein und beispielsweise aus verschiedenen Subsystemen bestehen. Die Verwendung von adaptiven bzw. selbstlernenden Systemelementen ist hier denkbar. In diesem Fall ist der Trigger eine Blackbox, in dessen Innerem eine Vielzahl von informationslogistischen Prozessen ausgeführt werden. Insbesondere die in der Informationsbedarfsanalyse formulierte *richtige Zeit* und der *richtige Ort* können gelernt werden, da sie häufig auf Basis einer leicht erfassbaren Attributkombination beschrieben werden. Mit einem automatisierten, selbstlernenden Trigger können zum Teil dynamische Aspekte der Informationsversorgung abgebildet werden, mit denen auch der in Abbildung 1.2 formulierte Wunsch der Produktion nach Agilität erfüllt werden kann. Wichtig ist an dieser Stelle jedoch immer die Abschätzung der Notwendigkeit eines aufwendig definierten Triggers. Bei den hier betrachteten Informationsnutzern handelt es sich immer um Mitarbeiter, die häufig geschult und geübt sind. Ein aufwändiger Trigger impliziert viele weitere informationslogistische Prozesse inklusive Schnittstellen, welche die Verschwendung in einem Informationssystem erhöhen. Auch die Ausfallwahrscheinlichkeit erhöht sich mit jedem nicht redundanten Systemelement.

Gestaltungsrichtlinie 7: Jeder passive Prozess und jedes dem Nutzer vorangestellte Archiv ist von einer Steuerinformation anzusteuern, welche von einem Trigger erzeugt wird.

Am Ende dieses Methodenschritts sollte noch einmal überprüft werden, ob jede Transformation nur einen Auslöser hat. Passive Prozesse sollten einen gelben Eingangspegel haben. In der Darstellung sollten keine roten Informationsflusspfeile mehr vorliegen. Liegt ein kritischer Pfad vor, kann dieser an einer durchgängig hellblauen Informationsflusskette erkannt werden. Nach der finalen Überprüfung können im nächsten Schritt die notwendigen Schnittstellen modelliert und die zum Teil noch offenen Attribute **form** und **ort** definiert werden.

6.5 Ableitung eines technischen Lösungsraums

Das Ziel dieses Methodenschritts ist die Erzeugung eines konsistenten Informationslogistiksystems bzgl. Ort und Form der zu verarbeitenden Informationen. Hierfür stehen die Prozesse Transport und Translation zur Verfügung, welche als Schnittstellen modelliert werden. Der Methodenschritt ist unter anderem notwendig, um dem Prinzip *flussorientiert* gerecht zu werden. „Bei Informatik-gestützten Informationssystemen kommt [...] hinzu, dass zum Betrieb des Systems spezifische Informationswerkzeuge oder Automaten

notwendig sind: die Software. Jede einzelne der Konzeptionsphasen und auch die Ausführungsphasen werden von der Tatsache beeinflusst, dass solche Werkzeuge zur Anwendung kommen“ (Schönsleben 2001, S. 99). Dieser Tatsache wurde bisher Rechnung getragen, indem im ersten Methodenschritt ein technischer Rahmen für die Gestaltung des Systems definiert wurde. Diese technische Grenze darf in keinem Gestaltungsschritt vernachlässigt werden. Mit der Festlegung der Schnittstellen kann nun ein technischer Lösungsraum für das Gesamtsystem abgeleitet werden, der wiederum im vorgegebenen technischen Rahmen liegt. Das Prüfen des technisch Machbaren im Rahmen des Gestaltungsprozesses ist wiederum Aufgabe der Wirtschaftsinformatik bzw. der Technikwissenschaften (Österle et al. 2010b, S. 9; acatech 2013, S. 13).

Jeder nicht zwingend notwendige Schnittstellenprozess ist Verschwendung und macht das System komplizierter. An vielen Stellen ist anwendungsfallspezifisch abzuwägen, ob ein maschineller Schnittstellenprozess notwendig ist. Häufig kann auch auf die Fähigkeiten des Informationsnutzers oder anderer Mitarbeiter der informationslogistischen Prozesskette zurückgegriffen werden. Wie in den vorangegangenen Schritten wird dem Prinzip *nutzerorientiert* Rechnung getragen, indem Schnittstellen vom Informationsnutzer ausgehend, also von hinten nach vorne, modelliert werden. Die in Schritt eins aufgenommenen Anforderungen an das System bilden den Rahmen für die Modellierung der Schnittstellen. Sie beeinflussen ihre Art und Anzahl. Auch systemexterne Akteure können einen Einfluss auf den technischen Lösungsraum haben. Mit der Modellierung der Schnittstellen können die noch offenen Prozessattribute **ort** und **form** aller Prozesse beschrieben werden.

Für Schnittstellen müssen nur wenige Attribute festgelegt werden. Wie jeder andere Prozess benötigen sie einen **bezeichner**. Ein- und Ausgangsform bzw. Start- und Zielort der Informationen werden in den Vorgänger- und Nachfolgeprozessen ersichtlich und müssen nicht modelliert werden. Ausschlaggebend für eine Schnittstelle kann eine Prozessdauer sein, die mit dem Attribut **dauer** abgebildet wird. In diesem Fall ist sie hier festzulegen. Für den Transportprozess ist außerdem der Prozesstyp über das Attribut **typ** zu definieren. Bei der Darstellung der Schnittstellen empfiehlt es sich, nur die kritischsten aufzunehmen, da die Abbildung sonst sehr schnell unübersichtlich wird. Transporte innerhalb einer technisch abgrenzbaren Infrastruktur werden nicht modelliert. Ein solcher Fall tritt beispielsweise auf, wenn innerhalb eines SAP-Systems verschiedene Transformationsprozesse durchgeführt werden. Voraussetzung hierfür ist, dass das Subsystem im Sinne der funktionalen Anforderungen arbeitet. Jeder Typ des Transportprozesses wird mit einem anderen Symbol dargestellt (vgl. Abbildung 6.11). Der Medienwechsel wird als Computerbildschirm dargestellt. Ein Drucker symbolisiert den Trägerwechsel. Der Trägertransport wird mit einem skizzierten Menschen abgebildet. Bezeichner und Dauer werden jeweils unter dem Symbol beschrieben. Die Transformation wird als Blitz dargestellt. Auch hier

6 Methode zur Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems

werden Bezeichner und Dauer unter dem Bild beschrieben. Impliziert ein Transportprozess eine Translation, werden beide Symbole untereinander dargestellt und beschrieben. Werden mehrere Schnittstellen hintereinander benötigt, müssen diese integriert werden, da ein Betriebsinformationsfluss zwischen zwei Schnittstellen laut Modell nicht erlaubt ist (vgl. Tabelle 5.3).

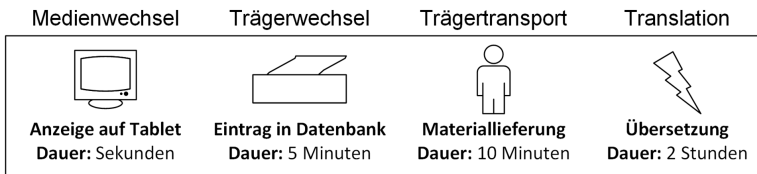


Abbildung 6.11: Darstellung instanziiertes Schnittstellen

Transportprozesse und Translationen werden gleichzeitig unter Beachtung der Gestaltungsrichtlinie 8 modelliert, da der Typ des Transports häufig von der Form der Information abhängig ist. Eine echtzeitkritische Information sollte beispielsweise auf einem Trägermedium gespeichert werden, welches schnell transportiert werden kann. Ein Trägertransport (z.B. Transportieren eines Blatt Papiers) kann in einem solchen Fall häufig ausgeschlossen werden. Ein Transport wird immer dann benötigt, wenn ein Nachfolgeprozess eine Information an einem anderen Ort benötigt als der jeweilige Vorgängerprozess. Eine Translation wird benötigt, wenn die Ausgangsinformation eines Vorgängerprozesses nicht die vom Nachfolger benötigte Form hat. Wie bei Methodenschritt drei wird immer der jeweilige Nachfolger als Informationsnutzer des Vorgängers betrachtet. Gibt es für eine Information nur einen Nutzer oder Folgeprozess, kann die für den Nutzer benötigte Form für den Vorgänger übernommen werden. Es ist keine Translation nötig. Ist bei Vorgänger- oder Nachfolgeprozess der Ort noch nicht festgelegt, ist zu prüfen, ob beide Prozesse am gleichen Ort realisiert werden können. Ist der Informationssenze beispielsweise ein Archiv vorgeschaltet, welches keine weiteren systemexternen Nutzer versorgt, kann das Archiv direkt beim Nutzer verortet werden. In diesem Fall müssen die benötigten Informationen ohne zusätzlichen Prozessschritt vom Informationsnutzer verwendet werden können.

Gestaltungsrichtlinie 8: Ist eine Änderung in Form oder Ort der Information unvermeidlich, muss ein Schnittstellenprozess verwendet werden.

Sind alle Schnittstellen modelliert, wird das Informationslogistiksystem final auf Konsistenz überprüft. Gibt es im System einen kritischen Pfad, kann anhand der finalen Darstellung die Prozessdauer dieser Kette abgelesen werden. Diese gibt einen Hinweis darauf,

ob der gewählte technische Lösungsraum die bedarfsgerechte Informationsversorgung des Informationsnutzers gewährleisten kann.

Methodenschritte	
1 Erfassung von Gestaltungsvorgaben <i>GR 1: Orientierung an Systemumgebung</i>	Erfasse Rahmenbedingungen und Randbedingungen
	Erfasse Restriktionen (ggf. Aufnahme von Wertstrom, Anwendungsfall, Informationssystem)
2 Erweiterte Informationsbedarfsanalyse <i>GR 2: Ausrichtung am Informationsbedarf</i>	Führe kombiniertes Verfahren zur Ermittlung des Informationsbedarfs (richtige Information) durch (z.B. Input-Prozess-Output-Analyse mit anschließender strukturierter Befragung)
	Ermittle 3R (richtige Zeit, richtiger Ort, richtige Form) z.B. über Befragung des Informationsnutzers
3 Gestaltung der Betriebsinformationsflüsse <i>GR 3: Einsatz von Transformationen</i> <i>GR 4: Einsatz von Ressourcen</i> <i>GR 5: Gestaltung von Entkopplungsprozessen</i>	Instanziere Transformationen und Informationsressourcen und verbinde Prozesse durch dunkelblaue Pfeile
	Identifiziere Betriebssteuerinformationen und färbe diese hellblau ein
	Lege Entkopplungsprozesse fest und färbe ausgehende Pfeile gelb ein
	Instanziere offene Attribute auslöser und verhalten aller Ressourcen und Transformationen und kennzeichne Widersprüche durch einfärben (rot) der Ausgangsinformationen
4 Gestaltung von Archiven und Informationsflusssteuerung <i>GR 6: Einsatz von Archiven</i> <i>GR 7: Einsatz von Triggern</i>	Instanziere und platziere Archiven in verbliebenen dunkelblauen Pfeilen (Betriebsinformationsflüsse) und roten Widerspruch-1 Pfeilen
	Instanziere einen Trigger pro Archiv, welches dem Nutzer direkt vorangestellt ist und pro erster passiver Ressource oder Transformation in passiver Prozesskette (löst Widerspruch-2)
	Überprüfe , ob jede Transformation nur einen Auslöser hat, ob passive Prozesse einen gelben Eingangspfeil haben und ob keine roten Informationsflusspfeile (Widersprüche) mehr vorliegen
5 Ableitung eines technischen Lösungsraums <i>GR 8: Einsatz von Schnittstellen</i>	Instanziere und platziere Schnittstellen , falls Änderungen in Form oder Ort von Informationen nötig sind
	Überprüfe technischen Lösungsraum auf Machbarkeit

Abbildung 6.12: Methode zur Gestaltung schlanker Informationslogistiksysteme

7 Evaluation der Lösung

Wie in Abschnitt 1.3.2 erläutert, sieht der Erkenntnisprozess der Arbeit eine Evaluation vor, in der die entwickelte Lösung gegen die anfangs definierten Ziele geprüft wird. Die Evaluation dient dem Nachweis von Stringenz und Relevanz, deren Verbindung als gemeinsames Ziel aller anwendungsorientierten Forschungsaktivitäten gilt (vgl. Abschnitt 1.3). Für die Evaluation der wissenschaftlichen Ziele werden in Abschnitt 3.5 inhaltliche und formale Anforderungen an die theoretische, die deskriptive und die pragmatische Lösungskomponente sowie an das Zielsystem formuliert. Die formalen Anforderungen an die deskriptive Lösungskomponente beziehen sich auf verschiedene Aspekte der Vollständigkeit des Strukturdiagramms und sind verifizierbar. Ihre Überprüfung wird in Abschnitt 7.1 beschrieben. Die inhaltliche Richtigkeit und Effektivität der Lösung zeigt sich bei empirischen Realisierungsversuchen im Anwendungszusammenhang. Die inhaltlichen Anforderungen an die einzelnen Lösungskomponenten und das Zielsystem wurden daher im Rahmen von zwei Fallstudien überprüft. Für die Evaluation der Anwendungsziele werden in Abschnitt 3.5 ebenfalls Anforderungen formuliert. Auch ihre Überprüfung erfolgte in der Validierung anhand der Fallstudien. In den Abschnitten 7.2.1 und 7.2.2 werden zunächst die jeweiligen Fallstudien vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse der Validierung beschrieben, welche die Überprüfung der inhaltlichen Anforderungen an Lösungskomponenten, Zielsystem und Anwendbarkeit sowie den Nachweis der Relevanz durch die Ausweisung des jeweils erreichten Nutzens beinhalten.

7.1 Verifikation der deskriptiv-strukturellen Lösungskomponente

In der Verifikation wird das Strukturmodell anhand der in Abschnitt 3.5 definierten, formalen Anforderungen D-f1, D-f2 und D-f3 überprüft. Die Anforderungen beziehen sich auf verschiedene Aspekte der Vollständigkeit des Strukturdiagramms.

Verifikation der Anforderung D-f1: Im Strukturdiagramm sollen alle informationslogistischen Elementarprozesse modelliert sein, welche für die Gestaltung eines vollständigen und bedarfsgerechten (4R) Informationslogistiksystems notwendig sind. Im Rahmen der Literaturrecherche wurden informationslogis-

tische Operationen aus verschiedenen Quellen gesammelt, welche zum Teil unterschiedliche thematische Schwerpunktthemen aufweisen. Die gesammelten Operationen wurden anschließend induktiv in Kategorien zusammengefasst. Die Methode der induktiven Kategorienbildung gibt vor, dass alle gesammelten Operationen einer Kategorie zugewiesen werden müssen. Kann eine Operation nicht zugeordnet werden, wird eine neue Kategorie eröffnet. Das Ergebnis umfasst die fünf, als Elementarprozesse ausgewiesenen Kategorien Informationswandlung, Informationstransport, Informationsarchivierung, Informationsquelle und Informationssenke. Aus den Elementarprozessen Informationsquelle, Informationssenke und Informationsarchivierung wurden in einer Eins-zu-eins-Zuordnung die UML Klassen Informationsquelle, Informationssenke und Archiv. Der Elementarprozess Informationstransport wurde als Kindklasse der Klasse Schnittstelle modelliert. Der Elementarprozess Informationswandlung wurde für die Modellierung in die zwei Klassen Translation und Transformation unterteilt, wobei die Translation ebenfalls eine Kindklasse der Klasse Schnittstelle ist.

Um ein System vollständig modellieren zu können, muss die Systemgrenze definiert sein. Diese wird durch die Prozesse Informationsquelle und Informationssenke repräsentiert, die wiederum den Anfang und das Ende der informationslogistischen Prozesskette darstellen. Die Erfüllung der 4R wird durch die systeminternen Prozesse gewährleistet. Mit Hilfe der Transformation wird die richtige Information erzeugt. Ein Archiv sorgt dafür, dass eine Information zur richtigen Zeit zur Verfügung gestellt werden kann. Mit dem Transportprozess wird die Information an den richtigen Ort und mit der Translation in die richtige Form gebracht. Die Anforderung D-fl ist demnach erfüllt.

Verifikation der Anforderung D-f2: Die Prozesse sollen mit Hilfe von Attributen generisch beschrieben sein. Die definierten Verschwendungsarten sollen anhand dieser Attribute im Verhaltensdiagramm transparent gemacht werden können. Die unterschiedlichen Klassen im Strukturdiagramm werden mit unterschiedlich vielen Attributen generisch beschrieben. Zunächst wird die Sichtbarkeit der **klassischen Verschwendungsarten** überprüft, welche beim Informationsnutzer auftreten. Die Verschwendungsart *Wartezeit* tritt auf, wenn eine Information zu spät beim Informationsnutzer ankommt. Der richtige Zeitpunkt wird im Prozess Informationssenke über das Attribut *auslöser* beschrieben. Der Ankunftszeitpunkt kann über die *dauer* der einzelnen Prozesse im kritischen Pfad der informationslogistischen Prozesskette und dem *auslöser* der dazugehörigen Informationsquelle ermittelt werden. Anhand dieser Darstellung im Verhaltensdiagramm ist die Wartezeit des Informationsnutzers ersichtlich.

Die Verschwendungsart *Fehlleistung* kann auftreten, wenn die Form der bereitgestellten Information nicht bedarfsgerecht ist. Die Form der benötigten Information wird in

der Senke mit den Attribut `form` beschrieben. Die Form der bereitgestellten Information wird in den vorgelagerten Prozessen Informationsquelle, Transformation und Archiv ebenfalls durch das Attribut `form` modelliert. Ist der, dem Informationsnutzer vorgelagerte Prozess ein Transportprozess, kann die Form der bereitgestellten Information hier nur im Sinne des verwendeten Trägers abgelesen werden. Andere Hinweise auf die Form werden im jeweiligen Vorprozess des Transports sichtbar. Ist dem Informationsnutzer eine Translation vorgelagert, dient diese lediglich dem Zweck, die Form der bereitgestellten Information anzupassen, sodass es nicht zur Verschwendungsart *Fehlleistung* kommt. Die Verschwendungsart *Fehlleistung* kann auch auftreten, wenn die falschen Informationen vorliegen oder Informationsbündel nicht vollständig sind. Dies kann durch einen Abgleich der Attribute `information` der Klasse Informationssenke und `ausgangsinformation` der Klasse Transformation sichtbar gemacht werden.

Die Verschwendungsart *Bewegung* kann in physischer oder kognitiver Form auftreten. Kognitive Bewegung tritt auf, wenn die Form der Information nicht bedarfsgerecht ist (siehe oben). Physische Bewegung ist notwendig, wenn die Information am falschen Ort bereitgestellt wird. Der richtige Ort der Information wird in der Senke durch das Attribut `ort` modelliert. Dieses Attribut beschreibt auch die Informationsquelle, die Transformation und das Archiv. Ist der dem Informationsnutzer vorgelagerte Prozess eine Translation, kann der Ort der bereitgestellten Information im jeweiligen Vorprozess abgelesen werden. Ist dem Informationsnutzer ein Transportprozess vorgelagert, dient dieser lediglich dem Zweck, den Ort der bereitgestellten Information anzupassen, sodass es nicht zur physischen Verschwendungsart *Bewegung* kommt. Liegt eine Information zu früh vor, muss der Informationsnutzer die Information archivieren. Je nach Form der Information kann dies eine kognitive oder physische Bewegung darstellen.

Auch die **informationslogistischen Verschwendungsarten** aus Abschnitt 4.1.2 können transparent gemacht werden. Die informationslogistische Verschwendungsart *Wartezeit* ist genauso definiert wie die klassische, mit dem Unterschied, dass hier ein systeminterner Prozesseigner wartet. Für den systeminternen Prozess Transformation sind die Attribute, welche auftretende informationslogistische Wartezeit transparent machen, identisch zu denen, welche die klassische Wartezeit transparent machen. Der Prozess Archiv muss per Definition nicht warten, denn er wird nur verwendet, wenn eine Information zwischen ihrer Entstehung und ihrer Nutzung *Zeit* überbrücken muss. Die Wartezeit einer Schnittstelle wird anhand der `auslöser` der vor- bzw. nachgelagerten Prozesse und deren `dauer` ersichtlich. Für die informationslogistische Verschwendungsart *Fehlleistung* gilt das gleiche wie für ihre klassische Ausprägung. Sie tritt auf, wenn die Form der von einem vorgelagerten Prozess bereitgestellten Information nicht der Form entspricht, welche der nachgelagerte Prozess verarbeiten kann. Über das Attribut `form` kann die Verschwen-

dungsart in der gesamten informationslogistischen Prozesskette transparent gemacht werden. Für die informationslogistische Verschwendungsart *Bewegung* gilt das gleiche wie für ihr klassisches Pendant.

Archive und Schnittstellen (Translation, Transport) können an sich Verschwendung darstellen. Die Notwendigkeitsbedingungen für die einzelnen Prozesse sind in Abschnitt 4.1.2 formuliert. Ist ein Archiv nicht notwendig, liegt mit dem Prozess die informationslogistische Verschwendungsart *Archiv* vor. Mit einem nicht notwendigen Transportprozess liegt die Verschwendungsart *Transport* und mit einem nicht notwendigen Translationsprozess die Verschwendungsart *Translation* vor. Die Notwendigkeit eines Archivs kann anhand der Attribute **dauer** und **auslöser** vor- und nachgelagerter Prozesse abgeleitet werden. Die Notwendigkeit eines Transport- oder Translationsprozesses wird anhand der Attribute **ort** bzw. **form** transparent.

Die systeminternen Verschwendungsarten *Überproduktion* und *Bearbeitung* können bei Informationsquellen und Transformationen auftreten. Die *Überproduktion* wird anhand des Attributs **information** des nachgelagerten Prozesses transparent. Die *Bearbeitung* ist nicht direkt sichtbar. Anhand der Attribute **dauer** und **information** ist lediglich eine Plausibilitätsprüfung des Prozessaufwands möglich. Ob ein geringerer Aufwand durch eine andere technische Realisierung oder eine andere Transformationsvorschrift realisierbar ist, muss genauso wie im Wertstromdesign gesondert betrachtet werden. Bei der Wertstrommethode können hierfür verschiedene manuelle oder automatisierte Methoden der Prozessanalyse angewendet werden (vgl. z.B. Kärcher et al. 2020, S. 407 ff.). Ein methodisch vergleichbares Vorgehen, bei dem der zu analysierende Prozess in einzelne Operationen zerlegt und so bewertet wird, ist auch bei einem menschlichen Aufgabenträger der Transformation denkbar. Bei einer rechnergestützten Transformation kann beispielsweise die benötigte Rechenleistung verschiedener technischer Realisierungsformen oder Transformationsvorschriften miteinander verglichen werden. Aufwändig realisierte Transformationen können so identifiziert und die Verschwendungsart *Bearbeitung* reduziert werden.

Das generelle Fehlen einer Information kann beim Informationsnutzer oder in der vorgelegten Prozesskette zu jeder Art der Verschwendung führen. Ob einem nachgelagerten Prozess eine Information fehlt, kann anhand der Attribute **information** und **bezugsobjekt** nachvollzogen werden. Welche Verschwendungsart daraus resultiert, ist abhängig vom betrachteten Anwendungsfall. Die Anforderung D-f2 ist demnach fast vollständig erfüllt. Lediglich die informationslogistische Verschwendungsart *Bearbeitung* wird nicht direkt anhand der Attribute ersichtlich.

Verifikation der Anforderung D-f3: Das Strukturdiagramm soll die aus der Literatur bekannten relevanten Informationsflussarten sowie zulässige Ver-

knüpfungen berücksichtigen. Im Strukturdiagramm werden drei Relationsarten unterschieden, die Betriebsinformationen, die Steuerungsinformationen und die Betriebssteuerinformationen. Die Unterscheidung von Betriebs- und Steuerinformationen stammt von Ropohl (2009, S. 95) und wurde von Bauernhansl et al. (2018a, S. 134) und Colangelo et al. (2019, S. 542) aufgegriffen. Die dritte Relationsart ergibt sich aus der Doppelfunktion der Betriebssteuerinformationen. Im Strukturdiagramm wird ersichtlich, dass nicht jede mögliche Relation erlaubt ist. Steuerinformationen werden ausschließlich von Trigger-Prozessen erzeugt und dürfen nur Informationsquellen, Transformationen und Archive ansteuern, um dem Prinzip nachfragegesteuert gerecht zu werden. Da es für jede Betriebs- oder Betriebssteuerinformation nur eine Quelle und nur eine Senke geben kann, dürfen zwischen zwei Quellen bzw. zwischen zwei Senken keine Betriebs- oder Betriebssteuerinformationen fließen. Der Fluss der Betriebs- und Betriebssteuerinformationen in einem Informationslogistiksystem ist gerichtet. Daher dürfen diese Informationen nur von der Quelle zur Senke fließen. Auch zwischen den systeminternen Prozessen ist nicht jede Relation erlaubt. Zwei Archive oder Schnittstellen dürfen nicht über eine Betriebs- oder Betriebssteuerinformation verknüpft werden. Dies widerspricht dem Gestaltungsprinzip zweckorientiert. Eine Betriebssteuerinformation darf außerdem nicht in ein Archiv hinein noch aus einem Archiv heraus fließen, da sonst die Funktionalität des Systems nicht gewährleistet ist. Die Anforderung D-f3 ist demnach erfüllt.

7.2 Validierung anhand ausgewählter Fallstudien

In der Validierung wurde die Effektivität der entwickelten Lösung sowie deren praktische Anwendbarkeit in zwei empirischen Fallstudien gezeigt. In beiden Fällen konnte ein schlankes Informationslogistiksystem gestaltet und eine Verbesserung erzielt werden. Die Hypothese der Arbeit³⁰ wurde dadurch bestätigt. Die erzielte Verbesserung konnte auf Basis der im Begründungszusammenhang formulierten Zweck-Ziel-Mittel-Beziehung³¹ ausgewiesen werden.

In Abschnitt 1.2 wird die Anwendungsdimension der vorliegenden Arbeit beschrieben. Demnach soll das mit Hilfe der Methode gestaltete Informationssystem Produktionsmitarbeiter effektiv und effizient mit Informationen versorgen. Das Potential eines Anwendungsfalls lässt sich anhand der Verschwendung abschätzen, welche aufgrund mangelnder Informationsversorgung auftritt. Häufig anzutreffende Indizien für ein hohes Potential

³⁰Hypothese der Arbeit (vgl. Abschnitt 1.3.2): Unter Anwendung der erarbeiteten Methode können schlanke Informationslogistiksysteme effektiv werden.

³¹Zweck-Ziel-Mittel-Beziehung (vgl. Abschnitt 1.3.2): Unter Anwendung der erarbeiteten Methode können schlanke Informationslogistiksysteme effektiv werden, sodass Produktionsmitarbeiter effizient und effektiv mit Informationen versorgt werden und ihre Aufgabe richtig und schnell erfüllen können

sind viele verschiedene Informationsquellen und die Anmerkung der Mitarbeiter, dass ihre Tätigkeit nur aufgrund der vorliegenden Erfahrung (Wissen in Köpfen) ausgeführt werden kann. In beiden hier vorgestellten Anwendungsfällen wird ein Informationssystem für einen indirekt am Wertstrom beteiligten Mitarbeiter gestaltet.

- In der ersten Fallstudie (vgl. Abschnitt 7.2.1) erfolgte die Validierung der Lösung mit einem Industriepartner. Mit rund 1000 Mitarbeitern wurden zum Zeitpunkt des Projekts am betrachteten Standort Elektronikkomponenten hergestellt. Der betrachtete Informationsnutzer war für die Vorkommissionierung von Komponenten zuständig, welche anschließend in einem Rüstvorgang auf SMT-Bestückungsanlagen gesetzt wurden.
- In der zweiten Fallstudie (vgl. Abschnitt 7.2.2) erfolgte eine Erprobung der Lösung im Rahmen der strategischen Initiative »Mass Personalization – mit personalisierten Produkten zum Business to User (B2U)³²«. Der betrachtete Informationsnutzer war für die Qualitätssicherung zuständig.

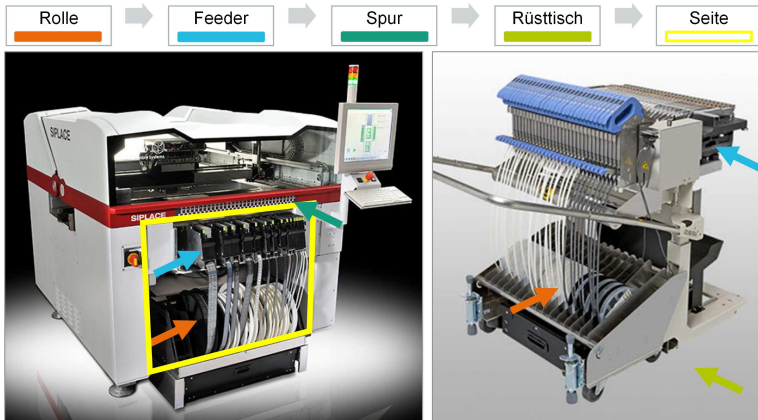
Die beiden folgenden Abschnitte stellen zunächst die entsprechenden Anwendungsfälle mit einem Schwerpunkt auf die für die Validierung relevanten Aspekte vor. Dies umfasst die Beschreibung der Aufgabe der betrachteten Informationsnutzer sowie der vorliegenden Verschwendung. Anschließend wird die Gestaltung des Zielsystems unter Verwendung der entwickelten Methode beschrieben. Die Evaluation der einzelnen Lösungskomponenten, des Zielsystems und der Anwendungsziele erfolgt nacheinander anhand der in Abschnitt 3.5 vorgestellten inhaltlichen Anforderungen Z1, Z2, A3, A4, T5, D6.1, D6.2, P7, P8, und P9. Abschließend wird die mit der Lösung erzielte Verbesserung ausgewiesen.

7.2.1 Kommissionierung von Materialrollen für die Rüstung von SMT-Anlagen

Im betrachteten Anwendungsfall wurde ein Informationslogistiksystem für Mitarbeiter der Intralogistik gestaltet. Die Aufgabe dieser Logistiker war die Vorkommissionierung von Materialrollen für die Rüstung von SMT-Bestückungsanlagen. Bei der Vorkommissionierung legte der Logistiker die Rollen in einer vorgegebenen Reihenfolge in ein KLT ein. Beim Rüsten konnten die Rollen anschließend in der richtigen Reihenfolge aus dem KLT entnommen und direkt aufgerüstet werden. Die für eine Rüstung benötigten Informationen umfassten das Informationsbündel *Materialrolle, Feeder, Spur, Rüsttisch, Seite* (vgl. Abbildung 7.1). Eine Rolle musste zunächst auf einen passenden Feeder gesetzt werden. Dieser wurde anschließend auf eine bestimmte Spur eines vorgegebenen Rüsttisches

³²<https://www.masspersonalization.de/>

gespannt. Der Rüsttisch musste dann an die richtige Seite der entsprechenden Bestückungsanlage geschoben werden, sodass die Anlage im Betrieb die Komponenten vom positionierten Rüsttisch entnehmen konnte.



links: Bestückungsanlage (Premtronic Sdn Bhd 2018), rechts: Rüsttisch (Juki Americas 2020)

Abbildung 7.1: Notwendige Informationen zum Rüsten einer SMT-Bestückungsanlage

Für die Vorkommissionierung erhielten die Logistiker eine Rüstliste, auf der die Materialnummern und die einzuhaltende Reihenfolge (entsprechend der Spur) beim Einlegen in den KLT vermerkt waren. Die Rollen wurden aus zwei verschiedenen Lagern bezogen. Im Anbruchlager wurden angebrochene Materialrollen direkt auf dem Shopfloor gelagert. Im Hauptlager wurden neue Rollen gelagert, die der Logistiker bei Bedarf bestellen konnte. Ein *Lagerverwaltungssystem (LVS)* bildete die Lagerbestände beider Lager systemseitig ab. Die Rüstfreigabe erfolgte erst bei vollständiger Materialverfügbarkeit, basierend auf den ERP-Bestandsinformationen. Von jeder Materialrolle durfte im Idealfall nur jeweils eine auf dem Shopfloor oder im Anbruchlager vorliegen. Erst wenn die Rolle aufgebraucht war, durfte im beschriebenen Idealfall eine neue Rolle aus dem Hauptlager bestellt werden. Ein Abgleich mit dem Lagerverwaltungssystem ergab häufig, dass das Material zwar in der Produktion, aber nicht im Anbruchlager vorhanden war. In diesem Fall erhielt der Logistiker zusätzlich zur Rüstliste eine Fehlteilliste, mit der er fehlende Rollen auf dem Shopfloor suchen konnte. Weitere Informationen über den Liegeort der fehlenden Rollen bekam der Mitarbeiter nicht. Der Logistiker, der die Rollen sucht, wird im Folgenden als Sucher bezeichnet. Für ihn wurde ein schlankes Informationslogistiksystem gestaltet.

Weder die Rüstliste noch die Fehlteilliste deckten den Informationsbedarf (Liegeort der Rollen) der Sucher ab. Tatsächlich enthielten die Listen viele, zum Teil unübersichtlich

dargestellte Informationen, welche der Sucher für seine Tätigkeit nicht benötigte. Die Interpretation und Auswahl der von ihm benötigten Informationen nahm einige Minuten in Anspruch, die der Verschwendungsart Bewegung (kognitiv) zugeordnet werden können. Auch ohne konkrete Informationen über Liegeorte konnten die Sucher aufgrund ihres Wissens über die Produktion den Suchprozess systematisch durchführen. Um diesen Prozess nachverfolgen zu können, wird der Weg einer Materialrolle durch die Produktion beschrieben (vgl. Abbildung 7.2). Eine angebrochene oder neue Rolle wurde zunächst aus dem Anbruchlager oder dem Hauptlager ausgelagert (Status 1: ausgelagert) und den Rüstern bereitgestellt (Status 2: bereitgestellt aufrüsten). Nach dem Aufrüsten wurde der fertige Rüsttisch neben die SMT-Bestückungsanlagen geschoben (Status 3: gerüstet offline), von wo er für die Bestückung an die Linie gebracht wurde (Status 4: gerüstet online). Nach der Bestückung wurden die Rüsttische zum Abrüsten bereitgestellt und später abgerüstet (Status 5: bereitgestellt abrüsten). Eine Zählmaschine zählte die auf der Rolle verbliebenen Komponenten automatisiert. Da dieser Prozess nicht Vollzeit durch einen Mitarbeiter betreut werden konnte, stauten sich die Rollen vor der Zählmaschine. Auf die Information über die Anzahl der verbliebenen Komponenten auf der Rolle musste daher teilweise bis zu einer Schicht gewartet werden. Dies kann der Verschwendungsart Wartezeit zugeordnet werden. Erst nach dem Zählen befanden sich die Rollen im Status 6 (Status 6: abgerüstet). Von hier wurden sie in das Anbruchlager auf dem Shopfloor eingelagert. Materialrollen für A-Produkte³³ wurden gesondert und in größerer Anzahl im Lager-A aufbewahrt und in einem eigens für dieses Lager konzipierten Lagerverwaltungssystem verwaltet (*LVS-A*). Auch die Rollen aus diesem Lager folgten dem dargestellten Rollenumlauf. Des Weiteren mussten einige Komponenten unter besonderen klimatischen Bedingungen gelagert werden. Hierfür gab es auf dem Shopfloor einen Schrank für Sonderkomponenten.

Der Rollenumlauf konnte mehrere Schichten in Anspruch nehmen, während derer weder der Ort der Rolle noch die verbleibende Menge an Komponenten im vorhandenen Informationssystem bekannt waren. Neben dem, dem Sucher bekannten Umlaufprozess der Rollen, waren auch weitere Informationen im Informationssystem vorhanden. Im *ERP-System* fand die Kennzeichnung von Sonderkomponenten statt. Des Weiteren wurden hier die Bedarfsmengen pro Fertigungsauftrag verwaltet. Die Lagerbestände von Haupt- und Anbruchlager wurden im *LVS*, die Lagerbestände der A-Komponenten im *LVS-A* gespeichert. In einem weiteren System *Rüststati* wurden die einzelnen Stati der Rüstungen nachverfolgt. Im System *Rüstungsverwaltung* fand die Zuordnung der Materialnummern zu den einzelnen Rüstungen statt. Die genannten Informationen wurden dem Sucher nur auf Nachfrage zur Verfügung gestellt.

³³Im vorliegenden Fall klassifiziert die ABC-Analyse die Produkte nach Produktionshäufigkeit (A-Produkte am häufigsten, C-Produkte am seltensten).

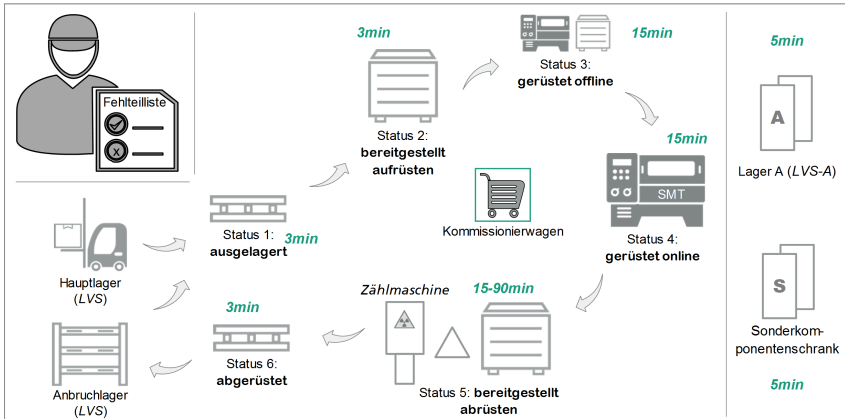


Abbildung 7.2: Umlauf einer Rolle auf dem Shopfloor und Suchaufwände pro Status

Wie in Abbildung 7.2 dargestellt, nahm das Durchsuchen verschiedener Lagerorte unterschiedlich viel Zeit in Anspruch. Die meiste Zeit erforderte das Durchsuchen der Rollen im Status 5 (15-90 Minuten), da sich die Rollen vor der Zählmaschine aufstauten. Die Suche der Rollen im *LVS-A* und im Schrank für Sonderkomponenten dauerte ca. 5 Minuten. Für die Suche nach einer Materialrolle benötigte der Sucher insgesamt im Schnitt 30 Minuten. Diese Zeit wird der Verschwendungsart Bewegung zugeordnet. Eine Vorgabe, an welchem Ort er mit der Suche nach den Fehlteilen beginnen sollte, hatte der Sucher nicht. Einer Verwendungsliste aus dem *ERP-System* konnte der Sucher jedoch entnehmen, an welchen Anlagen die Rolle zuletzt verwendet wurde. Der Abruf dieser Liste nahm ca. 5 Minuten in Anspruch. Auch diese Zeit fällt unter die Verschwendungsart Bewegung. Die Rollen im Status 5 konnten zum Teil direkt mit Feeder weiter verwendet werden, was einen reduzierten Rüstaufwand zur Folge hatte. Hatte eine zu suchende Rolle den Status 1, 2, 3 oder 4, war das Material bereits für einen Vorgänger-Auftrag eingeplant. In diesem Fall musste der Sucher abschätzen, ob die Menge an Komponenten auf der Rolle für beide Aufträge ausreichend war. Die Rolle wurde in diesem Fall manuell gesplittet. Ein solches Splitting bedeutete einen Eingriff in den Produktionsablauf. Waren die Komponenten nicht ausreichend, mussten neue Materialrollen aus dem Hauptlager bestellt werden. Das Abschätzen der verbliebenen Komponenten auf Rollen durch den Sucher war eine Fehlerquelle. Bei einer Fehleinschätzung trat die Verschwendungsart Fehlleistung auf. Die Rollen im Status 6, im Lager A und im Schrank für Sonderkomponenten waren nicht für andere Aufträge vorbelegt. Da diese Rollen aber nicht auf Feedern vorlagen, war eine vollständige Aufrüstung notwendig. Der Abruf der Lagermengen im Lager A war nur lo-

kal möglich und nahm ca. 5 Minuten in Anspruch, die ebenfalls der Verschwendungsart Bewegung zugeordnet werden. Insgesamt waren vier bis fünf Mitarbeiter pro Schicht für die Materialbereitstellung und das Rüsten eingeteilt. Für die Suche nach Fehlteilen wurde pro Schicht einer dieser Mitarbeiter benötigt. Das Jahresgehalt für einen Sucher betrug ca. 50.000€ und entsprach dem vorhandenen, messbaren Kostenpotential³⁴.

Gestaltungsprämissen, Gestaltungsprozess und Vorstellung des Zielsystems

Im Folgenden wird der Gestaltungsprozess anhand der erarbeiteten Methode präsentiert. Das vollständige Informationslogistiksystem ist in den Abbildungen auf den Seiten 150 und 151 dargestellt. Die orangenen Markierungen sind nicht Teil der Systemdarstellung, sondern sollen dem Leser als Orientierung dienen. Sie werden im Text in eckigen Klammern ausgewiesen.

Erfassung von Gestaltungsvorgaben Für die Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems für den Sucher wurden zwei Prämissen formuliert: Zunächst wurde in einer Restriktion formuliert, dass die Lagerorganisation in den drei Lagern Hauptlager, Anbruchlager und Lager A bestehen bleibt. Des Weiteren sollte auch die IT-Systemlandschaft nicht verändert werden. Lediglich die Verknüpfung der einzelnen Teilsysteme untereinander durfte im Rahmen des Gestaltungsprozesses angepasst werden. Diese Forderung stellte eine Rahmenbedingung der Unternehmensführung dar.

Erweiterte Informationsbedarfsanalyse Wie in Kapitel 6 beschrieben, wurde zunächst eine erweiterte Informationsbedarfsanalyse durchgeführt. Der Informationsbedarf für den Sucher ist in Abbildung 7.3 dargestellt. Ein wesentliches Ergebnis der Analyse war, dass der Sucher zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Informationsbündel benötigt, die abhängig von der Suchreihenfolge sind. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Informationen zu den Liegeorten echtzeitkritisch sind: Sucht der Mitarbeiter Materialrolle 1 im Status 5, kann sich in dieser Zeit der Status von Materialrolle 2 verändern. Der Mitarbeiter benötigt daher die Information über den Liegeort von Materialrolle 2 zu dem Zeitpunkt, an dem er mit dem Einsammeln dieser Rolle beginnt. Da der Sucher mit seinem Kommissionierwagen auf dem Shopfloor unterwegs ist, benötigt er die Informationsbündel an verschiedenen Orten.

Es wurde festgelegt, dass der Sucher zunächst Rollen im Status 5 suchen soll, da die Rollen hier möglicherweise noch auf den Feedern sitzen und kein Eingriff in den Produktionsablauf notwendig ist. Zum Zeitpunkt $t=1.0$ benötigt der Mitarbeiter daher das

³⁴Das Potential liegt im Bereich der Personalkosten. Löhne, Sozialkosten und sonstige Personalkosten wurden nicht betrachtet.

Basisinformationsbündel *Fehlmenge* und *Sonderkomponentenstatus pro Materialnummer* und das Informationsbündel Status 5, welches aus den Informationen *Materialnummer*, *Modul*, *Seite*, *Spur*, *Feeder*, *verfügbare Menge* und *Sonderkomponente* besteht. Anschließend sollen Rollen nacheinander im Lager-A und im Status 6 gesucht werden. Hier ist zwar ein vollständiges Aufrüsten notwendig, der Eingriff in den Produktionsablauf fällt aber auch hier weg. Zum Zeitpunkt $t=1.1$ benötigt der Sucher das Informationsbündel Lager A (*Materialnummer*, *Fach*, *verfügbare Menge*) und das Informationsbündel Status 6 (*Materialnummer*, *verfügbare Menge*, *Sonderkomponente*). Abschließend soll nacheinander in den Stati 1, 2, 3 und 4 gesucht werden. Die Informationsversorgung für diese Zeitpunkte sowie für das Nachrüsten der Rollen zu $t=2$ wird in dieser verkürzten Darstellung des Anwendungsfalls nicht weiter betrachtet.

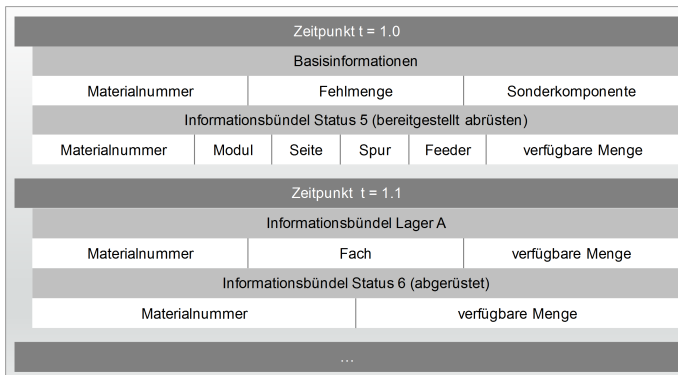


Abbildung 7.3: Informationsbedarf des Suchers

Gestaltung des Betriebsinformationsflusses Im dritten Schritt der Methode wurde der Fluss der Betriebsinformationen gestaltet. Dies beinhaltet die Gestaltung von Informationsquellen und Informationstransformationen sowie deren Verknüpfung durch Betriebsinformationsflüsse. Alle in diesem Anwendungsfall vorliegenden Quellen sind Prozesse der Klasse **Blackbox** [1-5]. Zum Zeitpunkt $t=1.0$ werden zunächst die Basisinformationen benötigt, die auf der Fehlteilliste zu finden sind. Hierzu zählen Informationen zu Material und entsprechender Fehlmenge, sowie die Information, ob das Material eine Sonderkomponente ist. Die Fehlteilliste bildet die Informationsbasis für die Erzeugung aller anderen benötigten Informationsbündel. Sie wird durch den Abgleich von Fertigungsaufträgen aus [2] und Lagerbeständen der *LVS*-verwalteten Lager aus [1] in der Transformation **Fehlteilliste erzeugen** [6] generiert. Die Fehlteilliste ist eine direkte Eingangsinformation für die Transformation **Infobündel Status 5 erzeugen** [7]. Neben

der Fehlteilliste benötigt diese Transformation eine Liste aller Rüstungen mit jeweiligem Rüststatus, welche aus der **Blackbox:Rüststati** [4] stammt und Informationen zu den gerüsteten Materialien mit gerüsteter Menge und Verbrauch. Diese werden der Transformation über die **Blackbox:Rüstungsverwaltung** [5] zur Verfügung gestellt.

Sind die Materialien im Status 5 nicht ausreichend, benötigt der Sucher das nächste Informationsbündel (Informationsbündel Lager A). Dieses wird in der Transformation **Infobündel Lager A erzeugen** generiert [8]. Neben einer aktualisierten Fehlteilliste werden hierfür die Lagerbestände des Lagers A aus dem *LVS-A* [3] benötigt. Das erzeugte Informationsbündel kann direkt an den Sucher geschickt werden. Die betrachtete Transformation erzeugt außerdem eine Fehlteilliste, auf der die aktualisierten Fehlmengen abgebildet werden. Dies ist möglich, da die Informationen zu den verfügbaren Mengen aus dem Lagerverwaltungssystem A fehlerfrei sind. Die aktualisierte Fehlteilliste geht direkt in die nächste Transformation **Infobündel Status 6 erzeugen** ein [9]. Zusammen mit den Informationen aus der **Blackbox: Rüststati** [4] und der **Blackbox: Rüstungsverwaltung** [5] kann hier das vorerst letzte Informationsbündel zum Status 6 erzeugt werden.

Als Vorarbeit für die Gestaltung der Informationsflusssteuerung werden anschließend die Betriebssteuerinformationen identifiziert und hellblau eingefärbt. Das hier dargestellte Informationslogistiksystem wird durch den Eingang von Fertigungsaufträgen ausgelöst [a]. Die erstellte Fehlteilliste löst die Erzeugung des Informationsbündels Status 5 aus [b], welches wiederum dafür sorgt, dass der Sucher mit seiner Tätigkeit starten kann [c]. Auch das Informationsbündel Lager A stellt eine auslösende Betriebsinformationen dar [d]. Neben dem Sucher stößt es auch die Erzeugung des Informationsbündels Status 6 an, welches ebenfalls eine auslösende Information ist [e]. Dieser Schritt erlaubt die Modellierung der Attribute **verhalten** und **auslöser** aller Quellen und Transformationen. Das **verhalten** fast aller Prozesse ist aktiv, was bedeutet, dass sie nicht von einem nutzerorientierten Trigger ausgelöst werden. Im vorliegenden Fall sind die **auslöser** die vor- oder nachgelagerten Prozesse. Das Verhalten der Transformation [8] ist passiv. Diese Transformation hat als **auslöser** eine Nutzeranfrage.

Gestaltung der Archive und der Informationsflusssteuerung Alle verbliebenen Betriebsinformationsflüsse werden mit einem Archiv entkoppelt. Dies gilt insbesondere für die Betriebsinformationen aus den Blackboxsystemen [1,3,4,5]. Die Weitergabe der Fehlteilliste wird zum Teil entkoppelt. Die Fehlteilliste mit den Basisinformationen wird direkt weiter gegeben. Das Informationsbündel Status 5 und die Basisinformationen bekommt der Sucher daher direkt zum Start seiner Tätigkeit. Zur Erzeugung der weiteren Informationsbündel muss die Fehlteilliste aktualisiert werden. Dies abzubilden, stellte in diesem Anwendungsfall die größte Herausforderung dar und konnte zum Zeitpunkt der System-

gestaltung nur durch teilmanuelle Tätigkeiten erreicht werden. Für eine automatisierte Aktualisierung ist eine genaue Anzahl der im Status 5 gefundenen Komponenten notwendig. Diese Information liegt jedoch nur für die Rollen im Lager A und im Status 6 (nach der Zählmaschine) vor, da die Mengenangaben zum realen Verbrauch auf der Anlage aus produktionstechnischen Gründen nicht fehlerfrei bzw. zu ungenau sind. Für den Status 5 kann die Information über die verfügbare Menge unter den gegebenen Projektprämissen nicht erzeugt werden. Der Mitarbeiter muss die Menge der gefundenen Komponenten im Status 5 schätzen und die verbleibende Fehlmenge berechnen. Mit dieser Menge aktiviert er manuell die Transformation [8]. Dies wird durch die Darstellung des Triggers deutlich. Die Suche nach Rollen im Status 5 und vor der Zählmaschine kann außerdem sehr viel Zeit in Anspruch nehmen. Dies spricht ebenfalls für das manuelle Auslösen der Erzeugung des Informationsbündels Lager A. Für das Lager A ist die Information über die Menge vorhandener Komponenten verfügbar. Die Fehlteilliste kann daher durch die Transformation [8] direkt aktualisiert und an die Transformation [9] weitergegeben werden. Die Weitergabe der aktualisierten Fehlteilliste triggert automatisiert die Erzeugung des Informationsbündels Status 6 an. Beide Informationsbündel (Lager A und Status 6) erreichen den Sucher zur gleichen Zeit. Da die Suche in Lager A nur ca. 5 Minuten in Anspruch nimmt, ist die Aktualität des Informationsbündels Status 6 ausreichend.

Ableiten eines technischen Lösungsraums und nicht-technischer Maßnahmen

Im vorliegenden Fall wurde vorab entschieden, dass die IT-Systemlandschaft nicht verändert wird. Aus diesem Grund ging es in diesem Schritt lediglich um die Definition der einzelnen Schnittstellen, welche in der Abbildung nur dargestellt werden, wenn sie für das System eine besondere Relevanz haben. Alle Schnittstellen wurden digital implementiert. Aufgrund der kritischen Aktualität und der unterschiedlichen Lieferorte der Informationsbündel wird auch der Nutzer mit digitalen Informationen versorgt und daher mit einem mobilen Endgerät ausgestattet. Diese Schnittstelle ist ein Prozess der Klasse **Transport** vom Typ Medienwechsel. Für die bedarfsorientierte Informationsversorgung des Nutzers wurde auf dem Kommissionierwagen eine Halterung für ein Tablet installiert. Eine passende Oberfläche für die Darstellung der einzelnen Informationsbündel auf dem Tablet wurde entwickelt. Die Erzeugung der Informationsbündel wird im System *Rüststati* vorgenommen. Es werden daher Schnittstellen zu den anderen Systemen erstellt bzw. die bereits bestehenden Schnittstellen erweitert. Eine Herausforderung stellte die Schnittstelle zum *LVS-A* dar. Die Möglichkeit des Zugriffs durch ein anderes System musste zunächst geprüft werden. Die Funktion des gestalteten Systems setzt auch die Umsetzung einiger nicht-technischer Maßnahmen voraus. Zunächst mussten alle Nutzer und Prozesseigner des Systems geschult werden. Ein wichtiges Thema betrifft hierbei die Disziplin im Um-

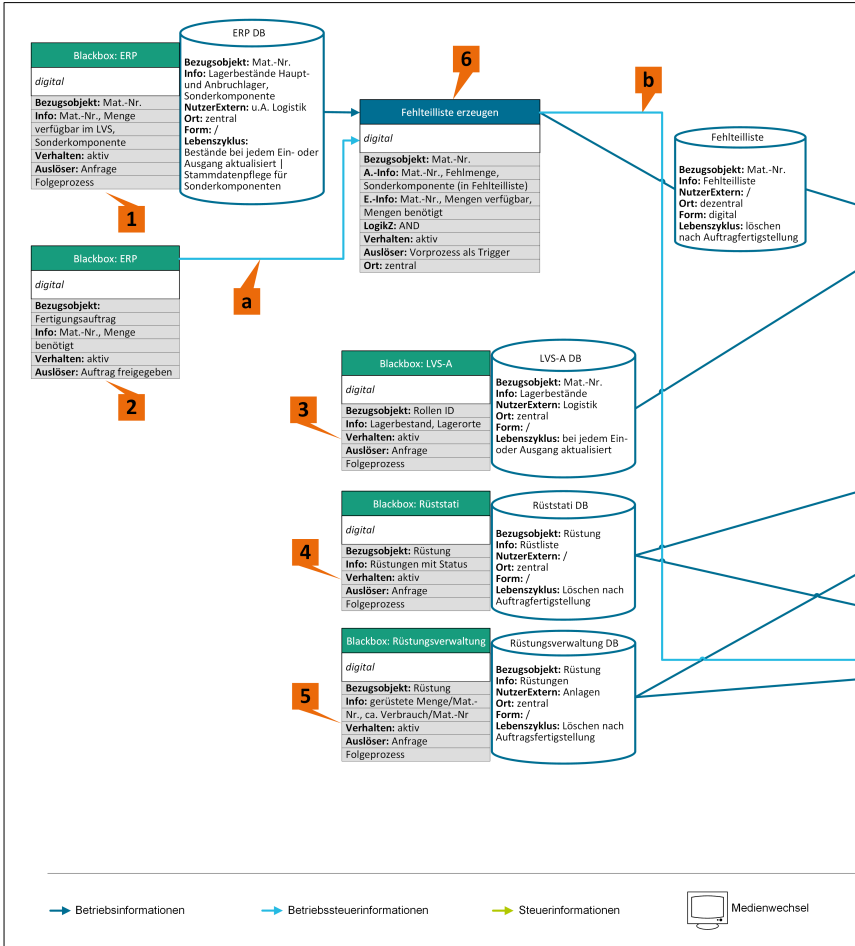


Abbildung 7.4: Schlanke Informationslogistiksystem für die Informationsversorgung des Suchers (1/2)

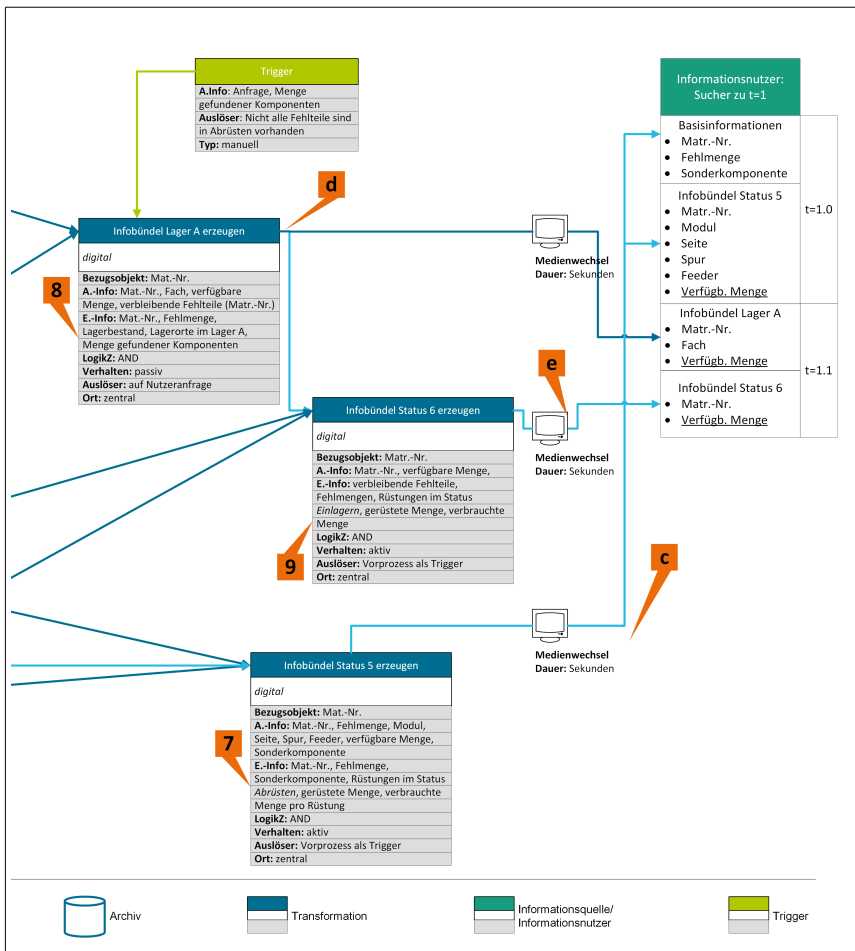


Abbildung 7.5: Schlankes Informationslogistiksystem für die Informationsversorgung des Suchers (2/2)

gang mit dem System aber auch in den vorgelagerten Wertstromprozessen. Beispielsweise muss der Übergang einer Rüstung vom Status 4 zum Status 5 zeitnah gemeldet werden, um für eine ausreichende Datenqualität zu sorgen. Ebenso wichtig ist das direkte Zählen und Einlagern der abgerüsteten Komponenten.

Prüfen der Anforderungen

Zunächst werden die Anforderungen an die einzelnen Lösungskomponenten überprüft (T5, D6.1, D6.2, P7, P8, P9). Mit der Anforderung T5³⁵ wird die theoretische Lösungskomponente auf Vollständigkeit geprüft. Liegen dem Sucher falsche Informationen vor, kann er seine Tätigkeit nicht ausführen. Es kommt zur Verschwendungsart *Bewegung*, welche sich in der Suche nach Komponenten ausdrückt. Liegen dem Sucher die Informationen zu spät vor, kommt es zu *Wartezeit* oder *Bewegung*, wenn er sich trotz fehlender Informationen auf die Suche nach Komponenten begibt. Liegen die Informationen zu früh vor, tritt ebenfalls die Verschwendungsart *Bewegung* auf, da der Sucher irrelevante Informationen kognitiv verarbeiten muss. Würde der Sucher nicht über ein mobiles Endgerät, sondern über einen stationären Bildschirm mit Informationen versorgt werden, lägen die Informationen am falschen Ort vor. Verschwendung im Sinne physischer *Bewegung* tritt auf, da sich der Sucher zu den Informationen hin bewegen muss. Die richtige Form bezieht sich im vorliegenden Fall insbesondere auf die Aktualität der Informationsbündel. Wird die Anforderung an die Aktualität nicht erfüllt, tritt überflüssige *Bewegung* auf. Der Sucher läuft zu Liegeorten, an denen die benötigten Komponenten nicht mehr vorhanden sind. Eine folgenschwere *Fehlleistung* ist die Kommissionierung von zu wenig Material. Dies kann im schlimmsten Fall dazu führen, dass Anlagen angehalten werden müssen. Diese *Fehlleistung* kann als Folge von falschen, verspäteten oder unvollständigen Informationen auftreten. Die Anforderung T5 ist demnach erfüllt.

Die Anforderungen D6.1³⁶ und D6.2³⁷ dienen der Überprüfung der hinreichenden Übereinstimmung von Modell (deskriptive Lösungskomponente) und Original. Die Anforderung D6.1 wird erfüllt. Die komplette informationslogistische Prozesskette zur Versorgung des Informationsnutzers mit Informationen kann mit den zur Verfügung gestellten Gestaltungsbauteilen und Relationsarten aus dem Modell abgebildet werden. Auch die Anforderung D6.2 wird erfüllt. Alle Betriebsinformationsflüsse werden durch einen vorgelagerten Prozess oder durch einen Pull-Trigger gesteuert, sodass unterschiedliche Informationsbündel den Informationsnutzer zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreichen. Für jeden Prozess sind die Attribute **verhalten** und **auslöser** definiert.

³⁵Jede Nichterfüllung einer logistischen Anforderung (4R) kann mindestens einer Verschwendungsart zugeordnet werden.

³⁶Jede eine Information verändernde informationslogistische Prozesskette soll abgebildet werden können.

³⁷Die Steuerung relevanter Informationsflüsse soll modelliert werden können.

Zur Prüfung der Anforderung P7³⁸ werden zwei Aspekte betrachtet. Die Struktur des Verhaltensmodells ist durch die Verknüpfung der Systemelemente untereinander über Betriebsinformationsflüsse transparent dargestellt. Es ist ersichtlich, dass Schnittstellen zwischen dem *ERP-System*, dem *LVS-A*, dem System *Rüststat* und dem System *Rüstungsverwaltung* notwendig und zu implementieren sind. Die Funktionsweise wird durch die gemeinsame Darstellung von Betriebs-, Betriebssteuer- und Steuerinformationsflüssen sichtbar. Die Anforderung P7 wurde außerdem in Gesprächen mit den beteiligten Kundenmitarbeitern validiert. Im Team waren Mitarbeiter der Logistik und der IT vertreten sowie Ingenieure, die für die Prozessautomatisierung und somit für die anwendungsorientierte Schnittstelle zwischen IT und Logistik verantwortlich waren. Insbesondere die Prozessautomatisierer bewerteten die Darstellungsweise als transparent. Für die IT-Mitarbeiter war die transparente Darstellung der Verknüpfung von einzelnen IT-Systemen hilfreich. Anhand der Betriebssteuer- und Steuerinformationen war ihnen eine Ableitung der zu programmierenden Abfragen möglich. Anforderung P7 ist demnach erfüllt.

Die Anforderung P8³⁹ bezieht sich ebenfalls auf die pragmatische Lösungskomponente. Im vorliegenden Fall sind die Gestaltungsrichtlinie 2 und die damit verbundenen Gestaltungskonsequenzen entscheidend. Bis zum Projektstart war der Informationsbedarf der Sucher nie detailliert erfasst worden, sodass das System nicht entsprechend ausgerichtet werden konnte. Als Konsequenz bekamen die Sucher häufig zu viele Informationen, die z.T. nicht aktuell waren. Auch die auf Gestaltungsrichtlinie 3 und 4 aufbauenden Gestaltungsentscheidungen machen das System schlanker. Alle benötigten Informationen können durch Transformationen erzeugt werden. Bisher wurde dies aufgrund mangelnder Informationsqualität und fehlender Verknüpfungen einzelner Systeme nicht getan. Aufgrund der Gestaltungsrichtlinien 5 und 7 trägt auch die Informationsflusssteuerung zu einer bedarfsgerechten Informationsversorgung des Suchers bei. Ein Entkopplungsprozess wird identifiziert und passiv gestaltet. Der Trigger sorgt dafür, dass die vom Sucher benötigten Informationen aktuell sind. Anforderung P8 ist demnach erfüllt.

Der erste Teil der Anforderung P9⁴⁰ ist in dieser Fallstudie nur ansatzweise beurteilbar, da der Wertstrom nicht aufgenommen werden musste. Lediglich für die Information über die Statusänderung einer Rolle von Status 4 zu Status 5 musste ein oberflächliches Verständnis des Wertstroms vorhanden sein, sodass eine organisatorische Maßnahme abgeleitet werden konnte. In ihrer Darstellung passen Wertstrom und Informationslogistiksystem

³⁸Die Darstellung des Verhaltensmodells soll Betriebs- und Informatikingenieuren Transparenz über Struktur und Funktionsweise des instanziierten Informationssystems ermöglichen.

³⁹Die Gestaltungsmethode soll sich an der vorgegebenen Idealvorstellung eines Informationslogistiksystems orientieren und so Gestaltungsentscheidungen der beteiligten Systemgestalter in diesem Sinne (zielorientiert) unterstützen.

⁴⁰Die Gestaltungsmethode soll als Erweiterung der Wertstrommethode einsetzbar sein. Beide Methoden sollen in ihrer Darstellung und Vorgehensweise zusammen passen.

zusammen. Beide Darstellungen sind primär prozessorientiert. Die Systemgrenze des Informationslogistiksystems wird am Ende der Prozesskette durch den Informationsnutzer kenntlich gemacht. Der Informationsbedarf des Informationsnutzers wird hier ebenso dargestellt, wie der Materialbedarf des Kunden in einer Wertstromdarstellung. Die einzelnen Prozesse werden mit Prozesskästen dargestellt. Auch die Attribute, welche die Prozesse beschreiben und Verschwendung transparent machen, werden ähnlich wie im Wertstrom abgebildet. Die Steuerung der Informationsflüsse im Informationslogistiksystem ist genauso darstellbar, wie die Steuerung der Materialflüsse im Wertstrom. Beide Methoden verwenden Gestaltungsrichtlinien, welche Lösungsansätze für die Gestaltung von Teilaufgaben im System beschreiben und eine logisch-methodisch sinnvolle Reihenfolge bei der Gestaltung vorgeben. Soweit die Anforderung P9 in dieser Fallstudie überprüfbar war, ist sie demnach erfüllt.

Im Folgenden werden die Anforderungen an die Anwendbarkeit und das Zielsystem geprüft. Die Sicht auf Informationssysteme aus logistischer Perspektive wurde zunächst als wenig intuitiv empfunden. Nach Fertigstellung des Systems wurde diese konzeptionelle Sicht jedoch als gute Basis für die Zusammenarbeit von Informatik- und Betriebsingenieuren bewertet. Durch die gemeinsame Gestaltung des Systems mit den späteren Nutzern wurde ein besseres Verständnis und daher eine schnellere Akzeptanz des Systems erreicht. Des Weiteren wurde die Kommunikation zwischen den Business- und IT-Abteilungen verbessert. Anforderung A3⁴¹ ist somit erfüllt. Die Anforderung A4⁴² ist ebenfalls eine Anforderung an die Anwendbarkeit der Lösung. Im vorliegenden Fall wurde unter der Prämisse gestaltet, dass sich die Systemlandschaft nicht ändert. Das technisch mit den vorhandenen Systemen Machbare musste demnach Beachtung finden und wurde von den beteiligten IT-Mitarbeitern fortlaufend validiert. Die technisch noch zu prüfende Schnittstelle zum *LVS-A* wurde bei der Gestaltung bewusst eingesetzt, da verschiedene Experten die Möglichkeit zur Umsetzung als sehr hoch bewerteten. Anforderung A4 ist demnach erfüllt.

Anhand der Anforderung Z2⁴³ wird das Zielsystem im Hinblick auf das wissenschaftliche Gesamtziel geprüft. Die Sollvorstellung bezieht sich auf die 5 Gestaltungsprinzipien aus Abschnitt 4.3. Das gestaltete System ist nutzerorientiert. Die richtigen und vollständigen Informationsbündel erreichen den Sucher zur richtigen Zeit am richtigen Ort. Hiermit ist

⁴¹Die Lösung soll eine konzeptionelle Sicht auf das gestaltete Informationssystem ermöglichen und die Zusammenarbeit von Informatik- und Betriebsingenieuren unterstützen.

⁴²Die Lösung soll unabhängig vom Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad in der betrachteten Produktion anwendbar sein. Daher soll das technisch Machbare schon bei der Konzeptionierung überprüft werden können. Das System soll mit wenig Aufwand in ein technisches Konzept überführt werden können.

⁴³Die Informationsversorgung der Produktionsmitarbeiter soll schlank im Sinne der Sollvorstellung sein.

auch Anforderung Z1⁴⁴ erfüllt. Alle angebotenen Informationsquellen dienen der zweckmäßigen Erzeugung der vom Sucher benötigten Informationsbündel. Die modellierten Archive und Schnittstellen sind notwendig, um Verschwendung beim Sucher zu vermeiden. Die verschiedenen Dimensionen der Informationsqualität wurden diskutiert und, wenn nötig, bei der Systemgestaltung adressiert. Die Aktualität der Informationen wird durch eine nutzerorientierte Informationsflusssteuerung gewährleistet. Das Zielsystem verarbeitet nur digitale Informationen, sodass es im System zu keinen Medienbrüchen kommt. Die Informationen fließen aufwandsarm über verschiedene organisatorische Einheiten, wie die Logistik, die Produktion und die Produktionsplanung und -steuerung hinweg.

Ausweisen des erzielten Nutzens

In der Ausgangssituation war pro Schicht ein Rüster Vollzeit mit der Suche nach Materialrollen beschäftigt. Im Rahmen des Projektes konnten nicht alle in der Lösung ausgewiesenen Schnittstellen und Transformationen implementiert werden, sodass auch die notwendige Verschwendung *Rollen suchen* nicht vollständig wegfiel. Durch die zum Projektende vorhandene neue Informationsversorgung des Suchers wurden dessen Suchaufwände jedoch schon um mehr als 40% reduziert. Diese Zeit konnte der Sucher wieder seiner eigentlich vorgesehenen Tätigkeit des Rüstens nachgehen. Pro Sucher (und Schicht) wurden daher Personalkosten in Höhe von $50.000\text{€} \cdot 40\% = 20.000\text{€}$ im Jahr eingespart. Bei einem Drei-Schicht-Betrieb ergibt sich auf das Jahr hochgerechnet eine Ersparnis von 60.000€. Bei einer vollständigen Umsetzung des Projektergebnisses wäre das Suchen der Rollen komplett weggefallen, sodass pro Jahr in einem Drei-Schicht-Betrieb Personalkosten in Höhe von 150.000€ eingespart werden würden.

In jeder Schicht wurden ca. 14 Materialnummern gesucht, wobei die Suche pro Materialnummer durchschnittlich 30 Minuten dauerte. Die rund drei Stunden eingesparte Zeit pro 7h-Schicht (40%) sind auf die Reduktion verschiedener Verschwendungsarten im Informationssystem zurückzuführen. Durch das Informationsbündel Status 5 in Kombination mit der zeitnahen Zählung der Rollen konnten bereits ca. 25% des Suchaufwands reduziert werden. Dies ist damit zu erklären, dass der Sucher die Rollen hier nur dann durchsuchen muss, wenn er sicher weiß, dass die gesuchten Materialien in diesem Status vorhanden sind. Des Weiteren wird das Lager vor dem Zähler durch die zeitnahe Zählung kleiner. Die Information über die Anzahl verbliebener Komponenten auf der Rolle wird früher im System hinterlegt, sodass die Verschwendungsart *Wartezeit* verringert wird. Durch die digitale Schnittstelle zum *LVS-A* spart sich der Sucher unter anderem den Weg zum Lager A und die manuelle Systemabfrage. Mit diesem Informationsbündel können weitere rund

⁴⁴Das Zielsystem soll Produktionsmitarbeiter unabhängig von ihrer Aufgabe mit der richtigen Information in der richtigen Form zur richtigen Zeit am richtigen Ort versorgen (4R).

7 Evaluation der Lösung

15% des Aufwands und somit Verschwendung der Verschwendungsart *Bewegung* reduziert werden. Die Information über Sonderkomponenten im Basisinformationsbündel reduziert zusätzlich den Suchaufwand. Durch diese Information kann der Sucher die Sonderkomponenten direkt im Sonderkomponentenschrank suchen.

Gehaltsgruppe	Berufsgruppen	untere Jahresgehaltsgrenze	obere Jahresgehaltsgrenze
A	Logistikmitarbeiter (leitend), Produktionsmitarbeiter, Logistiker/Rüster	50.000 €	65.000 €
B	Teamleiter Produktions-IT, Mitarbeiter Produktions-IT, Softwareentwickler, Softwarearchitekt	75.000 €	95.000 €
C	Abteilungsleiter Produktions-IT	100.000 €	130.000 €
D	wissenschaftliche Mitarbeiter	Festpreisprojekt: 15.000 €	

Tabelle 7.1: Im Projekt vertretene Gehaltsgruppen

Die Nutzung der Verwendungsliste ist mit dem neuen System nicht mehr notwendig, sodass die Zeit für den Abruf der Liste und das Lesen und Verstehen wegfällt. Beides fiel unter die Verschwendungsart *Bewegung*. Des Weiteren konnte die Fehlteilliste auf drei Spalten reduziert werden. Beides verringert die Menge der vom Sucher zu verarbeitenden Informationen und somit ebenfalls Verschwendung der Verschwendungsart *Bewegung (kognitiv)*. Durch die Reihenfolge der Informationsbündel werden Eingriffe in den Produktionsablauf und Splittingfälle reduziert. Eine Quantifizierung dieser Einsparungen konnte auf Basis der vorliegenden Daten nicht vorgenommen werden. Die reduzierte Verschwendung kann jedoch den Verschwendungsarten *Bewegung* und *Fehlleistung* zugeordnet werden. Der mit dem gestalteten System erreichte Nutzen ist über die Anzahl der Informationsnutzer und die Dauer der Systemnutzung mindestens linear skalierbar.

Dem erzielten Nutzen gegenüber stehen die Aufwände für das Projekt, die Implementierung und die Umsetzung organisatorischer Maßnahmen. Diese Aufwände werden im Folgenden hinsichtlich am Projekt beteiligter Berufs- und Gehaltsgruppen abgeschätzt. Eine Übersicht dieser Gruppen ist in Tabelle 7.1 zu finden. Der ersten Gehaltsgruppe A wurden alle Produktions- und Logistikmitarbeiter des Kunden zugeordnet. In der zweiten Gruppe B sind die beteiligten Produktions- und Informatikingenieure zu finden. Gruppe C wird ausschließlich durch die strategischen Entscheider der Produktions-IT repräsentiert. Der letzten Gruppe D wurden die wissenschaftlichen Mitarbeiter des Fraunhofer IPA zugeordnet. Da das Projekt als Festpreisprojekt angeboten wurde, ist die Gehaltsgruppe dieser Berufsgruppe nicht relevant.

Eine Übersicht über die Aufwände pro Gehaltsgruppe für das Projekt, die Implementierung und die Umsetzung organisatorischer Maßnahmen ist in Tabelle 7.2 zu finden. An dem Projekt waren zwei Mitarbeiter des Fraunhofer IPA insgesamt acht Personentage (PT) beteiligt. Hiervon wurden drei Tage vor Ort mit dem Kunden Inhalte erarbeitet. Die restliche Zeit wurde für Vor- und Nachbereitung der Workshops verwendet. Aus der Berufsgruppe A war ca. die Hälfte der Zeit ein Mitarbeiter beteiligt. Aus Gruppe C war ein Mitarbeiter zu Beginn des Projekts beteiligt. Aus Gruppe B waren im Schnitt zwei Mitarbeiter anwesend. Hier entstand außerdem ein Vor- und Nachbereitungsaufwand von ca. einem Personentag. Insgesamt ergibt sich hieraus ein Projektaufwand von 17 Personentagen.

Aufwandskategorie	Aufwände	Gehaltsgruppe	Bemerkung
Projekt	1,5 PT	A	Use Case Experten und spätere Anwender
	7,0 PT	B	IT-Mitarbeiter, Implementierer, Experten für Systemlandschaft
	0,5 PT	C	Entscheider, Verantwortlich für strategische Ausrichtung
	8,0 PT	D	wissenschaftliche Beratung
Implementierung	2,0 PT	B	Organisation von Tablet + Halterung, Programmierung der Oberfläche
	3,0 PT	B	Programmierung der Transformationen (Erzeugung der Informationsbündel)
	14,0 PT	B	Implementierung der Schnittstellen
organisatorische Maßnahmen	4,0 PT	A	Weiterbildung
	1,5 PT	B	Schulung der Mitarbeiter

Tabelle 7.2: Aufwände für Projekt und Umsetzung in Personentagen (PT)

Für die Implementierung der Lösung bis zum Ende der Projektlaufzeit lässt sich ein Aufwand von 19 Personentagen für Gruppe B abschätzen. Der Hauptaufwand fiel hier bei der Implementierung der Schnittstellen an. Die Programmierung der Transformationen und die Umsetzung der letzten Schnittstelle zum Informationsnutzer sind ebenfalls Teil dieses Aufwands. Auch organisatorische Maßnahmen wurden identifiziert, die für die Umsetzung der Lösung wichtig waren. Diese wurden den Mitarbeitern der Gruppe A in einer Schulung vermittelt. Für die Schulung der Produktions- und Logistikmitarbeiter aller Schichten wurde ein Aufwand von vier Personentagen für Gruppe A und von 1,5 Personentagen für Gruppe B abgeschätzt.

Die zusätzlichen Aufwände für den Betrieb der Lösung umfassen die Aufwände, die für die Pflege der neuen Schnittstellen hinzukommen sowie variable Kosten, beispielsweise für die Schulung neuer Mitarbeiter. Die Aufwände für den Betrieb der Lösung konnte im Rahmen des Projekts nicht quantifiziert werden. Eine Obergrenze kann aber über eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung festgelegt werden. Im betrachteten Unternehmen wurde die Wirtschaftlichkeit eines Projekts über eine Laufzeit von drei Jahren bewertet. Unter

der Annahme, dass nach Projektende keine weiteren Maßnahmen umgesetzt wurden und alle beteiligten Mitarbeiter an der oberen Gehaltsgrenze liegen, wurde nach drei Jahren eine ungefähre Einsparung von 153.000€ ($3 \cdot 60.000\text{€}$ [Personalkostensparnis] -27.000€ [Personalkosten für Umsetzungsaufwände⁴⁵]) erzielt. Bei dieser Betrachtung wurden die Betriebskosten vernachlässigt. Liegen sie unter den ausgewiesenen Einsparungen bei den Personalkosten kann das Projekt einen positiven Nutzen ausweisen.

7.2.2 Qualitätssicherung bei der Herstellung einer Proteinlösung

Im betrachteten Anwendungsfall wurde ein Informationslogistiksystem für Mitarbeiter der Qualitätssicherung bei der Herstellung einer Proteinlösung entwickelt, welche die Basis für verschiedene Medizinprodukte und Arzneimittel bildet. Bei ihrer Herstellung spielt die Überprüfung der Qualität der (Zwischen-)produkte eine entscheidende Rolle. Auch die Prüfung von Material, Prozessen und Umgebungsbedingungen unterliegt strengen Regularien. Im Verlauf des Produktionsprozesses werden viele verschiedene Materialtests vorgenommen, bei denen beispielsweise die Sterilität, die Identität oder der pH-Wert des Produkts überprüft werden. Die Ergebnisse dieser Tests müssen unter Einhaltung strenger Dokumentationsregeln lückenlos in einem sogenannten Chargenprotokoll gesammelt werden. Der Wertstrom sowie der Informationsfluss der Testergebnisse sind in Abbildung 7.6 dargestellt, wobei Prozess- und Testdetails aufgrund vorgegebener Geheimhaltungsbestimmungen abstrahiert wurden. Bevor das Material verarbeitet werden darf wird eine Wareneingangsprüfung vorgenommen. Geprüftes und ungeprüftes Material wird getrennt voneinander gelagert. Im ersten Herstellungsprozess wird das aus tierischem Gewebe bestehende Ausgangsmaterial desinfiziert und isoliert. Neben dem tierischen Gewebe werden hierfür Lösungsmittel benötigt. Anschließend erfolgt die Aufreinigung in verschiedenen Prozessschritten. Für die Dauer des Freigabeprozesses durch die Qualitätssicherung wird das Material in spezielle Behälter abgefüllt und im Freigabelager zwischengelagert. Nach der Freigabe erfolgt die Fertigstellung und Abfüllung in die Primärverpackung.

Die Aufgabe des betrachteten Informationsnutzers umfasst die Prüfung und Freigabe einer vorkonfektionierten Charge Proteinlösung. Zum Zeitpunkt des Projekts wurden alle Testergebnisse auf Papier dokumentiert. Die Produktion fand in einer streng kontrollierten Umgebung statt, an die bestimmte Anforderungen bezüglich Reinheit gestellt wurden. Diese Kombination führte zu Mehraufwänden für die Mitarbeiter, welche die Dokumente teils über Reinraumgrenzen hinweg transportieren mussten. Insbesondere beim Wechsel zwischen Reinräumen mussten sich Mitarbeiter zusätzlich in Schleusen umziehen und die

⁴⁵Es wurden 253 Arbeitstage pro Jahr zugrunde gelegt.

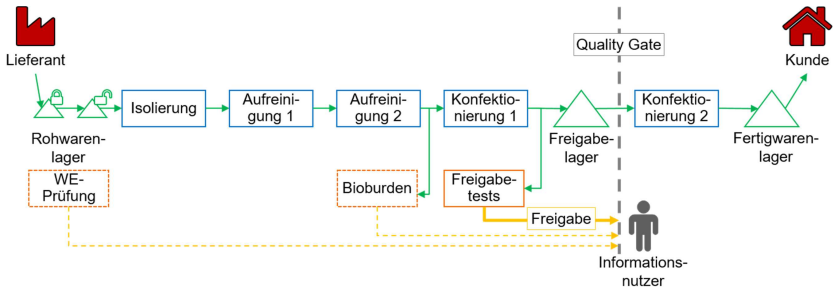


Abbildung 7.6: Wertstrom für die Herstellung einer Proteinlösung

Dokumente ein- und ausschleusen, was einen hohen zeitlichen Aufwand bedeutete. Papier, welches in Reinräumen verwendet wird, muss zudem aus speziellem Material bestehen. Die Auswertung der Materialproben dauerte bis zu vierzehn Tage, in denen das Material im Freigabelager wartete. Eine direkte Meldung über den Abschluss und die Ergebnisse der Materialtests erhielt der Mitarbeiter nicht. Häufig musste er die Ergebnisse aktiv anfordern. Dies führte dazu, dass die Proteinlösung länger als notwendig eingelagert wurde.

Neben den Protokollen der Herstellung und den Testergebnissen der Qualitätskontrollen wurden für die Produktfreigabe auch Informationen aus der Wareneingangsprüfung und der Materialfreigabe benötigt. Die Ausgangsmaterialien wurden bei einer Wareneingangsprüfung gegen vorgegebene Spezifikationen getestet und bei Übereinstimmung freigegeben. Das Freigabedokument wurde an das bewertete Material geheftet und mit eingelagert. Zum Zeitpunkt des Projekts wurden die Spezifikationen dezentral von einem Mitarbeiter verwaltet und für ihre Nutzung ausgedruckt. Die Anzahl der ausgegebenen Spezifikationen war vorgegeben und wurde von den Mitarbeitern der Qualitätssicherung überwacht. Gab es eine Aktualisierung, wurden die veralteten Kopien zurückgerufen und eine neue Version ausgegeben. Sowohl die Organisation der Kopien als auch deren Transport waren aufwendig. Zudem kam es durch die Nutzung veralteter Spezifikationen zu Fehlern in der Wareneingangsprüfung. Die Materialfreigabedokumentation für die Produktion wurde ebenfalls auf Papier vorgenommen.

Gestaltungsprämissen, Gestaltungsprozess und Vorstellung des Zielsystems

Im Folgenden wird der Gestaltungsprozess anhand der erarbeiteten Methode präsentiert. Das vollständige Informationslogistiksystem ist in den Abbildungen auf den Seiten 162 und 163 dargestellt. Die orangenen Markierungen sind wie in der ersten Fallstudie auch nicht Teil der Systemdarstellung, sondern sollen dem Leser als Orientierung dienen. Im Text werden sie in eckigen Klammern ausgewiesen.

Erfassung von Gestaltungsvorgaben Datenschutz und Datensicherheit spielen bei Digitalisierungsansätzen in der Medizinbranche eine übergeordnete Rolle. Für die Gewährleistung der Produktqualität müssen strenge Regeln in Bezug auf Nachvollziehbarkeit und Nachverfolgbarkeit eingehalten werden. Die Datenintegrität ist zu jeder Zeit sicherzustellen, weshalb IT-Systeme in der Pharmaindustrie vor ihrem Einsatz auditiert werden müssen. Diesen Schritt scheuen heute insbesondere kleine Unternehmen, da dieser Prozess kostenintensiv und der richtige Umgang mit den Systemen schwierig umzusetzen ist. Für den vorliegenden Fall wurde entschieden, dass dieser Umstand zunächst keinen Einfluss auf die Systemgestalt haben soll. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde die Methode ohne Vorgabe von Restriktionen angewendet und das technisch Machbare abgebildet. Ein technischer Lösungsraum wurde diskutiert, ohne jedoch konkrete Umsetzungsmaßnahmen abzuleiten.

Erweiterte Informationsbedarfsanalyse Im zweiten Schritt des Gestaltungsprozesses wurde eine erweiterte Informationsbedarfsanalyse für den Mitarbeiter am Quality Gate durchgeführt. Der Informationsbedarf umfasst alle Informationen des Chargenprotokolls. Hierzu gehören der *pH-Wert*, die *Gebierfähigkeit*, die *Identität*, die *Sterilität*, die *Endkonzentration*, der *Befund des Bioburden-Tests*⁴⁶ und die *Materialfreigabe* aus dem Wareneingang. Alle Informationen müssen als Bündel zur gleichen Zeit am gleichen Ort vorliegen. Die Vollständigkeit des Protokolls ist eine Voraussetzung für die erfolgreiche Freigabe. Das Bündel sollte in dem Moment zum Mitarbeiter am Quality Gate gesendet werden, in dem die Ergebnisse des letzten Tests vorliegen. Hiermit wird vermieden, dass das Material länger als notwendig im Freigabelager liegt.

Gestaltung des Betriebsinformationsflusses Im dritten Schritt der Methode wurde zunächst der Fluss der Betriebsinformationen gestaltet. Dies beinhaltete die Gestaltung von Informationsquellen und Informationstransformationen sowie deren Verknüpfung durch Betriebsinformationsflüsse. Zwei der in diesem Anwendungsfall vorliegenden Quellen sind vom Typ **extern** [1,3]. Das für die Herstellung benötigte tierische Ausgangsmaterial stammt aus kontrollierter Tierhaltung, bei der die Unterbringung, das Futter, die Gesundheit und andere Umweltbedingungen streng überwacht werden. Das von diesen Tieren stammende Ausgangsmaterial wird mit entsprechenden Gesundheitszeugnissen ausgeliefert. Mit den Ausgangsmaterialien gelangen demnach auch Informationen zu den Materialien in das Unternehmen. Neben den Gesundheitszeugnissen handelt es sich dabei um Datenblätter für die im Herstellungsprozess benötigten Lösungsmittel. Die Materialien werden anhand vordefinierter Spezifikationen in einer Wareneingangsprüfung geprüft.

⁴⁶Anzahl der Bakterien, die auf einer nicht sterilisierten Oberfläche leben

Hierfür werden die Spezifikationen aus der Quelle [2] benötigt. Die Prüfung findet in den Transformationen [4] und [5] statt. Sobald ein Fertigungsauftrag für eine Charge erstellt wird, findet eine Materialfreigabe in der Transformation [6] statt. Hierfür werden die Ergebnisse der Wareneingangsprüfung begutachtet. Zu diesen Informationen kommen die Ergebnisse der Materialtests, welche entlang des Wertstroms vorgenommen werden. Bei den Informationsquellen [8-10] handelt es sich um Quellen vom Typ **erfassen**. Das Bio-burding wird extern durchgeführt, weshalb die Informationsquelle [7] vom Typ **extern** ist.

Gestaltung der Archive und der Informationsflusssteuerung Die Wareneingangsprüfung wird durch den Eingang neuer Materialien und dem damit verbundenen Eingang von Datenblättern und Gesundheitszeugnissen ausgelöst. Die beiden Informationsflüsse [a] und [b] sind somit Betriebssteuerinformationen und daher hellblau dargestellt. Die Ergebnisse der Wareneingangsprüfung aus den Transformationen [4] und [5] werden auf Papier am Material archiviert. So kann eine direkte Zuordnung von Information und Material gewährleistet werden. Beim Transport der Materialien kann die Information mit transportiert werden, sodass es hier nicht zu überflüssiger Bewegung kommt. Die für die Transformationen notwendigen Spezifikationen werden als Stammdaten erstellt und an einem zentralen Ort archiviert und verwaltet. Die Materialfreigabe wird durch den Start des Produktionsprozesses ausgelöst. Im Unternehmen gilt sie als erster „Produktionsprozess“. Die Informationen zur Materialfreigabe werden als erster Eintrag direkt im Chargenprotokoll archiviert. Nach und nach wird das Chargenprotokoll mit den Ergebnissen der Materialtests gefüllt. Auslöser für die Durchführung der einzelnen Materialtests sind die vorgelagerten Produktionsprozesse. Mit dem Abschluss des letzten Steriltests [10] wird eine Anfrage an das Hauptarchiv gestellt [c], um die Weitergabe des vollständigen Chargenprotokolls an den Mitarbeiter am Quality Gate auszulösen.

Anforderungen an den technischen Lösungsraum Datenblätter und Gesundheitszeugnis werden auf Papier geliefert. Dies wird nach wie vor als sinnvoll erachtet, da eine direkte Zuordnung von Material und Information leicht realisiert werden kann. Die Spezifikationen werden als Stammdaten von vielen verschiedenen Nutzern an verschiedenen Orten verwendet und daher zentral und für jeden lesbar archiviert. Die Vergabe von Lese- und Schreibzugriffen muss hier technisch realisierbar sein, genauso wie die Abbildung eines Änderungsprozesses. Um Fehlerquellen im Umgang mit den Spezifikationen zu vermeiden, wird das Vervielfältigen der Spezifikationen verboten. Auch auf das Chargenprotokoll müssen verschiedene Nutzer zugreifen können. Die Daten müssen außerdem gegen Manipulation geschützt sein. Alle gesammelten Ergebnisse müssen bis zu 15 Jahre aufbewahrt werden. Eine zentrale Sammlung der Chargenprotokolle in digitaler Form

7 Evaluation der Lösung

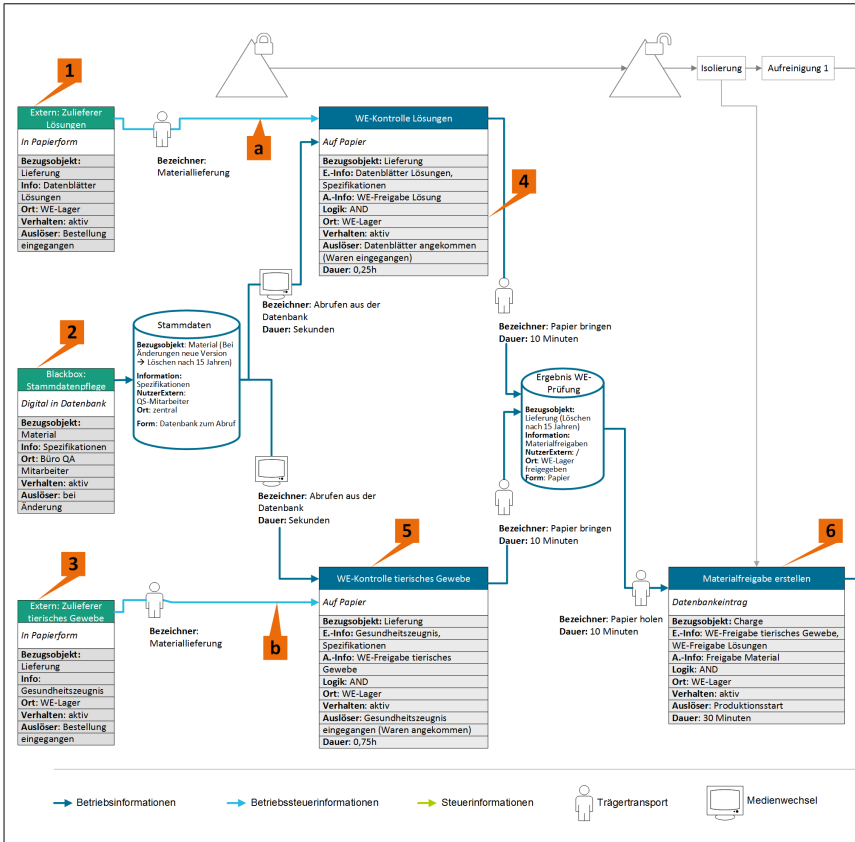


Abbildung 7.7: Schlanke Informationslogistiksystem für die Informationsversorgung des Mitarbeiters am Quality Gate (1/2)

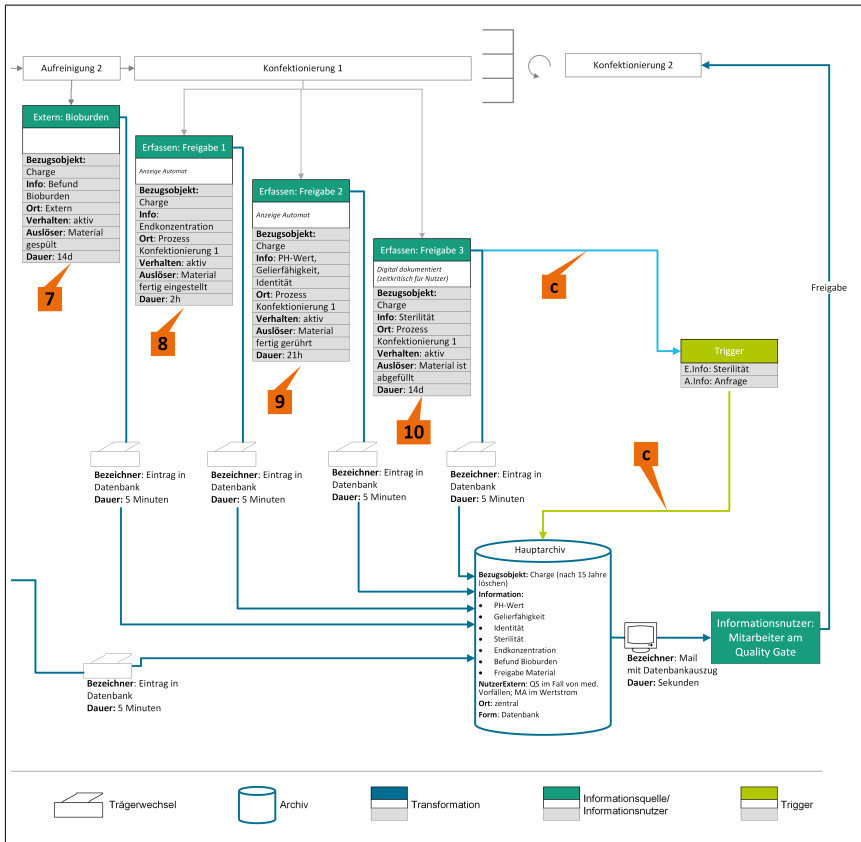


Abbildung 7.8: Schlankes Informationslogistiksystem für die Informationsversorgung des Mitarbeiters am Quality Gate (2/2)

ist sinnvoll, um den parallelen Zugriff mehrere Nutzer zu gewährleisten. Dies setzt eine technisch realisierbare Schnittstelle zu allen Testautomaten voraus. Das Ergebnis der Automaten wird auf Papier oder auf einer digitalen Anzeige dargestellt. Eine automatisierte Schnittstelle zum Chargenprotokoll wird als technisch sehr schwer zu realisieren bewertet. Daher muss eine manuelle Übertragung der Ergebnisse in das Chargenprotokoll erfolgen. Dies gilt auch für die Ergebnisse der manuell durchzuführenden Materialfreigabe. Für alle diese als Trägerwechsel gekennzeichneten Schnittstellen wird in den jeweiligen Testräumen ein Zugang zu einem Computerterminal benötigt, über den die Übertragung stattfinden kann. Um bei der Übertragung Fehler zu vermeiden, ist eine automatisierte Anbindung der Automaten an das Chargenprotokoll langfristig notwendig.

Prüfen der Anforderungen

Zunächst werden die Anforderungen an die einzelnen Lösungskomponenten überprüft (T5, D6.1, D6.2, P7, P8, P9). Mit der Anforderung T5⁴⁷ wird die theoretische Lösungskomponente getestet. Liegen dem Mitarbeiter am Quality Gate falsche Informationen vor, kann er seine Tätigkeit nicht ausführen. Ist dem Mitarbeiter bewusst, dass falsche Informationen vorliegen, kommt es zur Verschwendungsart *Wartezeit*. Andernfalls kann es zu *Fehlleistung* kommen. Liegen dem Mitarbeiter die Informationen zu spät vor, kommt es zu *Wartezeit* für den Mitarbeiter. Des Weiteren verlängert sich die Liegezeit der Protetinlösung im Freigabelager. Das letzte Testergebnis macht die Tätigkeit des Mitarbeiters erst möglich. Die anderen Informationen verlieren zwischen ihrer Entstehung und Nutzung nicht an Aktualität. Liegen einige Testergebnisse zu früh vor, würde dies lediglich zu überflüssiger *Bewegung* führen, da die Aufbewahrung der Informationen organisiert werden muss. Der Ort der Informationen ist abhängig von der Wahl der technischen Umsetzung. Ein digitales Chargenprotokoll kann der Mitarbeiter direkt am Arbeitsplatz einsehen. Das Chargenprotokoll in Papierform muss transportiert werden, d.h. es kommt zu physischer *Bewegung*. Der Mitarbeiter muss die Informationen dort einsammeln, wo sie entstehen. Die richtige Form bezieht sich im vorliegenden Fall auf den Träger bzw. das Medium und auf die Darstellung des Informationsbündels. Die Informationen müssen für den Nutzer verständlich und eindeutig auslegbar sein. Trifft dies nicht zu, kann es zu überflüssiger kognitiver *Bewegung* kommen, um die Informationen zu interpretieren. Gelingt dies nicht, tritt die Verschwendungsart *Fehlleistung* auf. Die Anforderung T5 ist demnach erfüllt.

⁴⁷Jede Nichterfüllung einer logistischen Anforderung (4R) kann mindestens einer Verschwendungsart zugeordnet werden.

Die Anforderungen D6.1⁴⁸ und D6.2⁴⁹ dienen der Überprüfung der hinreichenden Übereinstimmung von Modell (deskriptive Lösungskomponente) und Original. Die Anforderung D6.1 ist erfüllt. Die informationslogistische Prozesskette zur bedarfsgerechten Informationsversorgung des Mitarbeiters kann mit den vorhandenen Gestaltungsbausteinen vollständig und hinreichend mit der Realität übereinstimmend modelliert werden. Anforderung D6.2 wird ebenfalls vollständig erfüllt. Für jede Transformation und jede Quelle sind **auslöser** und **verhalten** definiert.

Zur Prüfung der Anforderung P7⁵⁰ werden auch hier zwei Aspekte betrachtet. Die Struktur des Verhaltensmodells ist durch die Verknüpfung der Systemelemente untereinander über Betriebs- und Betriebssteuerinformationsflüsse transparent dargestellt. Die Darstellung erlaubt eine Übersicht über informationslogistische Schnittstellen zwischen den einzelnen Tätigkeitsbereichen Wareneingangsprüfung, Materialfreigabe und Chargenfreigabe. Die Funktionsweise wird durch die gemeinsame Darstellung von Betriebs-, Betriebssteuer- und Steuerinformationsflüssen transparent. Die Anforderung ist demnach erfüllt.

Die Anforderung P8⁵¹ bezieht sich auf die pragmatische Lösungskomponente. Bei der Gestaltung des vorliegenden Informationslogistiksystems unterstützten insbesondere die Gestaltungsrichtlinien 6-8 die Gestaltungsentscheidungen. Der Informationsfluss ist direkt abhängig vom Wertstrom. Die Informationsflusssteuerung wird zum großen Teil vom Start oder Ende eines Produktionsprozesses bestimmt. Aus diesem Grund sind Archive relevant für eine bedarfsgerechte Informationsversorgung. Sie sorgen dafür, dass die Informationen die durch den Wertstrom vorgegebenen Zeiten überbrücken. Der gestaltete Trigger ruft das finale Chargenprotokoll zur richtigen Zeit (Ergebnis des letzten Steriltests liegen vor) aus dem Hauptarchiv ab, sodass der Informationsnutzer nicht auf Informationen warten muss. Die Tatsache, dass die Informationen des Chargenprotokolls an unterschiedlichen Orten in unterschiedlichen Formen erzeugt bzw. erfasst werden, ist im vorliegenden Fall ausschlaggebend für die Notwendigkeit vieler verschiedener Schnittstellen. Anforderung P8 ist demnach erfüllt.

Anders als in der ersten Fallstudie kann der erste Teil der Anforderung P9⁵² hier beurteilt werden. In dieser Fallstudie ist der Wertstrom ausschlaggebend für die Gestalt des Informationslogistiksystems. Über den Austausch von Informationen stehen beide Systeme

⁴⁸Jede eine Information verändernde informationslogistische Prozesskette soll abgebildet werden können.

⁴⁹Die Steuerung relevanter Informationsflüsse soll modelliert werden können.

⁵⁰Die Darstellung des Verhaltensmodells soll Betriebs- und Informatikingenieuren Transparenz über Struktur und Funktionsweise des instanziierten Informationssystems ermöglichen.

⁵¹Die Gestaltungsmethode soll sich an der vorgegebenen Idealvorstellung eines Informationslogistiksystems orientieren und so Gestaltungsentscheidungen der beteiligten Systemgestalter in diesem Sinne (zielorientiert) unterstützen.

⁵²Die Gestaltungsmethode soll als Erweiterung der Wertstrommethode einsetzbar sein. Beide Methoden sollen in ihrer Darstellung und Vorgehensweise zusammen passen.

me miteinander in Verbindung. Die Funktionalität der Systeme bedingt sich gegenseitig. Daher ist ein Wertstromdesign die Voraussetzung für die Gestaltung des Informationslogistiksystems. Die Methode kann als Erweiterung des Wertstromdesigns eingesetzt werden. In ihrer Darstellung und Vorgehensweise passen Wertstrom und Informationslogistiksystem zusammen. Die Argumentation folgt der Argumentation im ersten Anwendungsfall. Auch hier sind beide Darstellungen primär prozessorientiert. Die Systemgrenze des Informationslogistiksystems wird am Ende der Prozesskette durch den Informationsnutzer kenntlich gemacht. Die Darstellung des Informationsbedarf ähnelt der Darstellung des Materialbedarf des Kunden in einer Wertstromdarstellung. Die einzelnen informationslogistischen Prozesse werden mit Prozesskästen dargestellt. Auch die Attribute, welche die Prozesse beschreiben und Verschwendung transparent machen, werden ähnlich wie im Wertstrom in den Prozesskästen abgebildet. Die Darstellung der Informationsflusssteuerung erfolgt über gerichtete Pfeile. Auch dies passt zur Darstellung der Materialflusssteuerung im Wertstrom. Beide Methoden verwenden Gestaltungsrichtlinien, welche Lösungsansätze für die Gestaltung von Teilaufgaben im System beschreiben und eine logisch-methodisch sinnvolle Reihenfolge bei der Gestaltung vorgeben. Anforderung P9 ist sie demnach erfüllt.

Im Folgenden werden die Anforderungen an die Anwendbarkeit und das Zielsystem geprüft. Anforderung A3⁵³ kann lediglich bzgl. der konzeptionellen Sicht auf das Zielsystem positiv evaluiert werden. Bei der Gestaltung waren nur spätere Informationsnutzer und Wertstrommitarbeiter beteiligt. Aus diesem Grund konnte die verbesserte Zusammenarbeit bei der Gestaltung nicht abgefragt werden. Die Anforderung A4⁵⁴ ist erfüllt. Das technisch Machbare wurde bei der Gestaltung geprüft. Ebenso ist die Überführung in ein technisches Konzept leicht möglich. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass es entsprechende Systeme zur Dokumentation von Prozess-, Produkt- und Umgebungsqualität bei der Herstellung von Arzneimitteln und Medizinprodukten am Markt bereits gibt. Die Umsetzung und Nutzung dieser Systeme ist jedoch aufwendig.

Anhand der Anforderung Z2⁵⁵ wird das Zielsystem im Hinblick auf das wissenschaftliche Gesamtziel geprüft. Die Sollvorstellung bezieht sich auf die 5 Gestaltungsprinzipien aus Abschnitt 4.3. Die Nutzerorientierung wird durch die Informationsbedarfsanalyse und die konsequente Ausrichtung an den erhobenen Bedarfen erreicht. Hiermit ist auch Anforderung

⁵³Die Lösung soll eine konzeptionelle Sicht auf das gestaltete Informationssystem ermöglichen und die Zusammenarbeit von Informatik- und Betriebsingenieuren unterstützen.

⁵⁴Die Lösung soll unabhängig vom Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad in der betrachteten Produktion anwendbar sein. Daher soll das technisch Machbare schon bei der Konzeptionierung überprüft werden können. Das System soll mit wenig Aufwand in ein technisches Konzept überführt werden können.

⁵⁵Die Informationsversorgung der Produktionsmitarbeiter soll schlank im Sinne der Sollvorstellung sein.

derung Z1⁵⁶ erfüllt. Die gestalteten Transformationen sind zweckorientiert, da sie für die Bedarfsdeckung notwendig sind. Die verschiedenen Dimensionen der Informationsqualität wurden diskutiert. Fehlerfreiheit wird in dieser Branche und in der vorliegenden Fallstudie durch die Mehrstufigkeit der verschiedenen Prüfungen angestrebt. Dimensionen, die den Schutz und die Sicherheit der Informationen adressieren (u.A. Zugänglichkeit, Bearbeitbarkeit) müssen durchgängig gewährleistet werden. Die technische Realisierung wird durch diese hohen Anforderungen erschwert. Eine Verbesserung der verfügbaren technischen Systeme ist notwendig, um das System umzusetzen. Das gestaltete System ist flussorientiert. Die Schnittstellen zwischen einzelnen Bereichen und Prozessen sind bedarfs- und zweckorientiert gestaltet. Dennoch kommt es in der Umsetzung zu Nebentätigkeiten durch notwendige Medienbrüche. Der gestaltete Trigger sorgt für eine nachfrageorientierte Bereitstellung des Chargenprotokolls. Die Informationsversorgung der Mitarbeiter ist demnach schlank im Sinne der Sollvorstellung, womit Anforderung Z2 ebenfalls erfüllt ist.

Ausweisen des erzielten Nutzens

Eine Umsetzung konkreter Maßnahmen erfolgte für diesen Anwendungsfall nicht, weshalb der erzielte Nutzen nicht quantifizierbar ist. Kennzeichnend für diesen Anwendungsfall sind jedoch Einsparpotentiale bei den Laufwegen, der Lagerzeit und der Suche nach bzw. Beschaffung von Testergebnissen. Ohne den Trigger liegt die produzierte Proteinlösung unnötig lange im Freigabelager. Die Haltbarkeit des Produkts ist begrenzt, sodass eine schnelle Weiterverarbeitung wünschenswert ist. Aufgrund der zwingend erforderlichen Lagerbedingungen und deren regelmäßiger Überprüfung ist das Lagern von Proteinlösungen kostenintensiver als bei einfach zu lagerndem Stückgut. Das vorkonfektionierte Produkt liegt aufgrund der verbesserten Informationsversorgung nur noch ca. 14 Tage im Freigabelager. Dies entspricht der Dauer des letzten Steriltests. Aufgrund der digitalen Schnittstelle zum Chargenprotokoll entfallen Aufwände für die Beschaffung und den Transport der Informationen über die Raumgrenzen hinweg sowie die Kosten für das in den Reinräumen zu verwendende Spezialpapier. Über das digitale Chargenprotokoll können darüber hinaus sowohl der Produktionsfortschritt als auch die Vollständigkeit des Protokolls jederzeit eingesehen werden. Die zentrale Verwaltung der Spezifikationen mit Änderungsprozess und Verwaltung der Zugriffsrechte reduziert den Verwaltungsaufwand physischer Kopien und die Fehler, die aufgrund veralteter Spezifikationen auftreten. Ebenso wie in der ersten Fallstudie ist auch hier der erzielte Nutzen über die Anzahl der Informationsnutzer und die Dauer der System-Nutzung mindestens linear skalierbar.

⁵⁶Das Zielsystem soll Produktionsmitarbeiter unabhängig von ihrer Aufgabe mit der richtigen Information in der richtigen Form zur richtigen Zeit am richtigen Ort versorgen (4R).

7.3 Kritische Würdigung der Arbeit

Die Evaluation der Lösung hat gezeigt, dass die formalen und spezifizierten inhaltlichen Anforderungen an die Lösung fast vollständig erfüllt sind. Die **theoretische Lösungskomponente** wurde semi-formal, d.h. deduktiv hergeleitet, weshalb ihre Richtigkeit nicht formal beweisbar ist. Die Verschwendungsarten, Gründe für ihr Auftreten, die Idealvorstellung eines schlanken Informationslogistiksystems und der Einfluss der Verschwendung auf die Schlankheit eines Informationssystems konnten jedoch im Anwendungszusammenhang den beteiligten Mitarbeitern der Fallstudien erklärt werden (Anforderung T5). Kenntnisse der Lean Production erleichterten dabei das Verständnis, sind aber nicht als Einsatzvoraussetzung zu verstehen. Grundsätzlich sollte in den Unternehmen die Bereitschaft vorhanden sein, Informationssysteme nicht ausschließlich aus informations- sondern auch aus systemtechnischer Perspektive zu betrachten. Dies erleichtert ebenfalls das Verständnis für auftretende Verschwendungsarten sowie den späteren Gestaltungsprozess.

Das Vorgehen beim Entwurf des Modells (**deskriptive Lösungskomponente**) erlaubt seine formale Prüfung auf verschiedene Aspekte der Vollständigkeit. Diese werden in den Anforderungen D-f1, D-f2 und D-f3 adressiert. Die formale Prüfung des Modells auf Vollständigkeit im Rahmen der Verifikation ist möglich, da in jeder Anforderung ein bereits vorhandener Bezugspunkt für die Prüfung formuliert ist. Diese Bezugspunkte basieren auf Erkenntnissen der Analysephase, können aber kritisch hinterfragt werden (vgl. Ausblick). Im Rahmen der Verifikation konnte gezeigt werden, dass die formalen Anforderungen an die deskriptive Lösungskomponente fast vollständig erfüllt werden. Eine Ausnahme bildet Anforderung D-f2, auf die im Ausblick näher eingegangen wird.

Mit Hilfe der im Strukturdiagramm generisch modellierten Prozessklassen können bedarfsgerechte Informationslogistiksysteme vollständig dargestellt werden und in ihrer Funktion alle 4R erfüllen (Anforderung D-f1). Die generische Modellierung der informationslogistischen Prozesse basiert auf der Beschreibung klassischer und informationslogistischer Verschwendungsarten. Es können nahezu alle definierten Verschwendungsarten anhand der festgelegten Prozessattribute im Verhaltensdiagramm transparent gemacht werden (Anforderung D-f2). Die informationslogistische Verschwendungsart *Bearbeitung* ist nur indirekt darstellbar. Mit der Modellierung der Betriebsinformationen, der Betriebssteuerinformationen und der Steuerinformationen werden alle aus der Literatur bekannten und relevanten Relationen adressiert (Anforderung D-f3). Für die formal richtige Darstellung des Modells wurde eine weit verbreitete und weitestgehend standardisierte Modellierungssprache gewählt. Die Auswahl der Notation erfolgte anforderungsbasiert und strukturiert. Die Vorauswahl und Bewertung einzelner Notationen anhand der Anforderungen wurde durch die Autorin vorgenommen und ist daher subjektiv geprägt. Um die empirische Richtigkeit und Vollständigkeit des Modells zu evaluieren, wurden in den

Fallstudien die Anforderungen D6.1 und D6.2 geprüft. Alle in der Realität auftretenden informationslogistischen Prozessketten, welche eine Information verändern, konnten auf Basis der generischen Gestaltungsbausteine modelliert, das heißt instanziiert werden. Das Gleiche galt auch für die Steuerung relevanter Betriebsinformationen. Für den Einsatz des Modells gibt es keine Voraussetzungen. Die Kenntnis der Wertstromdarstellung oder des UML-Klassendiagramms erleichtert jedoch die Nutzung.

Der Entwurf der Gestaltungsmethode (**pragmatische Lösungskomponente**) erfolgte ebenfalls semi-formal, jedoch basierend auf Mechanismen des Method Engineering. Eine formale Prüfung der Lösungskomponente ist demnach auch hier ausgeschlossen. Die Prüfung der pragmatischen Lösungskomponente erfolgte daher ausschließlich im Anwendungszusammenhang. Der Umgang mit den formulierten Gestaltungsrichtlinien war für die beteiligten Mitarbeiter überwiegend ungewohnt. Ähnlich wie bei der Nutzung der anderen Lösungskomponenten erleichterte die Kenntnis der Wertstrommethode die Anwendung. Die inhaltlichen Anforderungen an die Lösungskomponente werden (soweit prüfbar) erfüllt. Die Darstellung des instanziierten Verhaltensmodells ermöglichte Betriebs- und Informatikingenieuren in der ersten Fallstudie Transparenz über das gestaltete Informationssystem (Anforderung P7). Die Handlungsanleitung erlaubte die Gestaltung schlanker und bedarfsorientierter Informationssysteme und unterstützte die Gestalter zielorientiert bei Gestaltungsentscheidungen (Anforderung P8). Zudem wurden die Wertstrommethode und die gestaltete Lösung in ihrer Darstellung und ihrer Vorgehensweise als kompatibel bewertet (Anforderung P9).

Auch die Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang an die **Anwendbarkeit** der Lösung wurden in den Fallstudien (soweit prüfbar) erfüllt. In der ersten Fallstudie konnte mit der Lösung die Zusammenarbeit von Mitarbeitern der IT- und der Produktionsabteilung verbessert werden (Anforderung A3). Dies wurde erreicht, indem mit der Lösung eine „Arbeitsnahtstelle“ geschaffen wurde, die eine konzeptionelle Sicht auf Informationssysteme ermöglicht. Beide Berufsgruppen konnten mit der gewählten Darstellung des Informationssystems arbeiten. Sie erleichterte die Kommunikation zwischen Betriebs- und Informatikingenieuren und sorgte für weniger Fehler bei der Realisierung. Ein positiver Nebeneffekt war die erhöhte Akzeptanz des neuen Systems bei den Nutzern. Außerdem konnte in beiden Fallstudien die Lösung unabhängig vom vorliegenden Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad angewendet werden (Anforderung A4). Digitale und nicht digitale Informationen und deren Verarbeitung konnten abgebildet werden. Die Betrachtung der realisierenden Technik konnte im Rahmen der Methodenanwendung vorgenommen werden, ohne dass sie die Gestalt des Systems einschränkte. Eine Überführung der gestalteten Systeme in ein technisches Konzept war mit wenig Aufwand möglich. Somit wurden die Anwendungsziele der Arbeit erfüllt.

Die **Stringenz** der Arbeit konnte durch die Offenlegung und Diskussion der Forschungskonzeption begründet werden. Das Vorgehen in Entwurf- und Evaluationsphase wurde aufeinander abgestimmt. Einige Vollständigkeitsaspekte der deskriptiven Lösungskomponente konnten verifiziert werden. Die überwiegend deduktive Arbeit in der Entwurfsphase bedingte jedoch eine Überprüfung der Lösung und der Realisierbarkeit der Hypothese im Anwendungszusammenhang. Zusätzlich wurden die Ergebnisse der Arbeit durch einen kritischen Wissenschaftsdialog mit Fachexperten abgesichert. In beiden vorgestellten Fallstudien konnte die **Hypothese** der Arbeit bestätigt werden. Um eine als hinreichend anzunehmende statistische Beobachtungshäufigkeit, wie von Ulrich et al. (1976b, S. 347) gefordert, zu erreichen, sollte die Hypothese in weiteren Anwendungsfällen geprüft werden. Die in den Fallstudien gestalteten Zielsysteme versorgen Produktionsmitarbeiter unabhängig von ihrer Aufgabe bedarfsorientiert mit Informationen (Anforderung Z1). Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass der Informationsbedarf detailliert erfasst wurde und sich die Systemgestalt an diesem orientiert. Der Mensch als der flexibelste und intelligenteste Teil heutiger und künftiger Fabriken wird gestärkt. Auch die Informationsversorgung als solche entspricht der formulierten Sollvorstellung, d.h. sie ist unter Beachtung aller Rahmenbedingungen, Randbedingungen und Restriktionen schlank (Anforderung Z2). Hieraus folgt, dass die **wissenschaftlichen Ziele** der Arbeit (vgl. Abbildung 1.4) erfüllt sind.

Die entwickelte Lösung ist nur für die Informationsversorgung von Produktionsmitarbeitern einsetzbar. Hier konnte ihre **Relevanz** in zwei Fallstudien gezeigt werden. Die gestalteten Informationslogistiksysteme erfüllen ihren Zweck und versorgen die betrachteten Produktionsmitarbeiter effizient und effektiv mit Informationen, sodass die Mitarbeiter ihre Aufgabe richtig und schnell erfüllen können. Beim Informationsnutzer und in der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette tritt weniger Verschwendung auf. Die Suchaufwände des Logistikers konnten durch den zu Projektende realisierten Teil des neuen Informationssystems um mehr als 40% reduziert werden. Unnötige Informationen, die lediglich als Hilfskonstrukt dienen, wurden identifiziert und werden weder verarbeitet noch dem Nutzer zur Verfügung gestellt. Die Einsparung bei den Laufwegen zur Beschaffung benötigter Informationen und die verkürzte Liegezeit des fertigen Produkts im Fertigwarenlager kennzeichnen den Nutzen im zweiten Anwendungsfall. Da das Informationssystem nicht implementiert wurde, konnte der erzeugte Nutzen hier nicht quantifiziert werden.

Die Methode kann von produzierenden Unternehmen jeder Branche und Größe eingesetzt werden, um neue Systeme zu gestalten oder bestehende Systeme zu optimieren. Zusammengefasst kann durch den Einsatz der vorgestellten Gesamtlösung nicht nur eine Kostenersparnis in der Informationsversorgung und deren Gestaltung erzielt werden, son-

den auch in deren späterer Organisation. Der erzielte Nutzen ist direkt abhängig von den Lohnkosten der betrachteten Informationsnutzer. Um den Nutzen der Methode zu erhöhen ist daher ein flächendeckender Einsatz der Lösung in den Unternehmen empfehlenswert.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Produktionsunternehmen sind mit einem zunehmend komplexer werdenden Umfeld konfrontiert. Diesem versuchen sie zu begegnen, indem sie wandlungsfähige und flexible Produktionssysteme gestalten und sie mit Unterstützung von informations- und kommunikationstechnischen Werkzeugen betreiben. Mit einer durchgängigen Verfügbarkeit aller notwendigen Informationen soll eine vollständige Transparenz über die Systeme erreicht und eine optimale Entscheidungsbasis ermöglicht werden. Ein von den Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik getriebener Paradigmenwechsel hin zu Autonomie und zu sich selbst organisierenden Fabrikelementen wird dadurch eingeleitet. Der Mensch als flexibler Entscheider wird trotzdem weiterhin eine unverzichtbare Rolle spielen.

Die Änderungen im Unternehmensumfeld und der Paradigmenwechsel stellen das Informationsmanagement der Unternehmen vor große Herausforderungen. Der Wunsch der IT nach Stabilität in der technischen Systemlandschaft steht dem Wunsch der Produktion nach Agilität in der Informationsversorgung entgegen. Hinzu kommt der von Vogel-Heuser et al. (2017) als Sammelreflex bezeichnete Wunsch der Unternehmen, immer mehr Informationen verarbeiten zu wollen, um reaktionsfähiger zu werden. Dieser Reflex lässt die Menge an digital verfügbaren Informationen exponentiell steigen. Zudem wächst auch die Anzahl der über Informationsflüsse miteinander vernetzten Mitarbeiter und Maschinen. Als Folge der wachsenden Dynamik bei den Informationsbedarfen und der Vielzahl, Vielfalt und Größe der Systemelemente in Informationssystemen steigt deren zu bewirtschaftende Komplexität. Die Informationslogistik ist kaum noch in der Lage, die richtige Information in der richtigen Form zur richtigen Zeit an den richtigen Ort zu transportieren. Wird dieses informationslogistische Ziel nicht erreicht, tritt Verschwendung im Umgang mit Informationen auf. Dies kann in der Folge zu Beeinträchtigungen in der Produktion führen.

Um der beschriebenen Problemstellung zu begegnen, wurde in der vorliegenden Arbeit eine Methode entwickelt, mit der schlanke Informationslogistiksysteme gestaltet werden können. Sie versorgen direkt und indirekt am Wertstrom beteiligte Produktionsmitarbeiter bedarfsgerecht mit Informationen. Die Gesamtlösung besteht aus einer theoretischen, einer deskriptiven und einer pragmatischen Lösungskomponente. Sie basiert auf theoretischen Grundlagen aus dem Informationsmanagement, der Systemtheorie und der

Lean Production. Der Informationsbegriff sowie die Informationsteilmengen Informationsangebot, Informationsnachfrage und Informationsbedarf wurden mit Hilfe der Literatur abgegrenzt und definiert. In dieser Arbeit wird die Information als Ressource betrachtet, deren Verfügbarkeit einen Einfluss auf den betrieblichen Leistungserstellungsprozess hat. Das Ziel der Informationswirtschaft ist es, ein Gleichgewicht zwischen den Informationsteilmengen Informationsangebot und Informationsnachfrage herzustellen. Die Informationslogistik organisiert als Teil der Informationswirtschaft das Informationsangebot, sodass dem Nutzer die Informationen ohne zusätzlichen Aufwand zur Verfügung stehen. Die für die theoretische Lösungskomponente relevanten Grundlagen aus der Lean Production umfassen die Beschreibung der sieben Arten von Verschwendung und die Vorstellung der fünf Lean-Prinzipien. Die Wertstrommethode als Werkzeug zur Gestaltung schlanker Materialflusssysteme ist sowohl für die Wahl der Modellierungsperspektive als auch für die Form der Gestaltungsmethode relevant. Die deskriptive Lösungskomponente stützt sich insbesondere auf die Systemtheorie, in der Systeme als eine geordnete Gesamtheit von Elementen betrachtet werden, zwischen denen Beziehungen bestehen.

Nach der Erarbeitung der theoretischen Grundlagen wurden verfügbare Ansätze zur Lösung der genannten Problemstellung recherchiert und anhand vorab gesammelter Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang bewertet. Eine ausreichend konkrete, alle drei Komponenten umfassende Lösung konnte nicht identifiziert werden. Insbesondere bei der Erarbeitung der theoretischen Lösungskomponente konnte aber auf bestehenden Lösungen aufgebaut werden. Hier ist die Arbeit von Hicks zu nennen, der sowohl Verschwendungsarten als auch Lean-Prinzipien für das Informationsmanagement formuliert hat. Relevante Lösungen stammen außerdem aus der Informatik. Unter dem Schlagwort Lean IT sind Lean-Ansätze für ihren Einsatz in der Softwareentwicklung und im Management von IT-Organisationen geprüft und adaptiert worden. Auch in der Beschreibung von Referenzarchitekturen sind Lean-Prinzipien zu finden. Getrieben von technischen Entwicklungen wurde hier in den letzten Jahren an der Interprozesskommunikation und ereignisorientierten Architekturstilen geforscht.

Informationslogistische Operationen, Prozesse und Funktionen werden in nahezu jedem Bereich des Informationsmanagements beschrieben, da sie die Basis für jede Modellierung bilden. Die gesammelten Beschreibungen wurden im Rahmen dieser Arbeit kategorisiert. Das Ergebnis, bestehend aus fünf informationslogistischen Elementarprozessen, bildet die Basis für die deskriptive Lösungskomponente. Im Bereich der pragmatischen Lösungskomponente gibt es bisher nur wenige relevante Ansätze. Lediglich die nutzerorientierte Schnittstellengestaltung wurde in den letzten Jahren stetig weiterentwickelt. Des Weiteren wurden im Rahmen der Wertstrommethode einige Ansätze zur Gestaltung schlanker Informationsflüsse vorgestellt. In der Reflexion der verfügbaren Ansätze anhand der An-

forderungen aus dem Anwendungszusammenhang konnte gezeigt werden, dass zwischen dem vorliegendem Stand und dem Ziel der Arbeit eine Lücke besteht. Aufbauend auf dieser Lücke und den recherchierten Grundlagen wurden die Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang spezifiziert und um formale Anforderungen an das Modell erweitert.

Die drei Lösungskomponenten wurden aufeinander aufbauend entwickelt, sodass die deskriptive Komponente auf den Ergebnissen der Theorie basiert und sich die pragmatische Komponente sowohl auf die theoretische als auch auf die deskriptive Lösung stützt. Für die theoretische Lösungskomponente wurden zunächst Wertschöpfung und Verschwendung in Informationslogistiksystemen voneinander abgegrenzt, indem die Verschwendungsarten aus der Lean Production adaptiert wurden. In einem Informationslogistiksystem wird zwischen zwei Verschwendungskategorien unterschieden. Beim Informationsnutzer können Verschwendungsarten der Kategorie 1 auftreten. Diese umfasst die drei z.T. inhaltlich adaptierten klassischen Verschwendungsarten *Wartezeit*, *Bewegung* und *Fehlleistung*. In der vorgelagerten informationslogistischen Prozesskette gibt es Verschwendungsarten, welche bei personellen oder maschinellen Aufgabenträgern auftreten können (*Wartezeit*, *Fehlleistung*, *Bewegung*), informationslogistische Prozesse, die als solche Verschwendung darstellen (*Archiv*, *Translation*, *Transport*) und Verschwendungsarten, welche bei der Transformation oder Erfassung von Informationen auftreten können (*Überproduktion*, *Bearbeitung*). Diese Verschwendungsarten gehören zur Kategorie 2. Die Verschwendungsarten der zwei Kategorien bilden die Basis für die Formulierung der Idealvorstellung schlanker Informationslogistiksysteme. Sie wurde in Form der fünf Prinzipien *nutzerorientiert*, *zweckmäßig*, *Perfektion anstrebend*, *flussorientiert* und *nachfragegesteuert* beschrieben.

In Anlehnung an die aus dem Stand der Technik abgeleiteten Kategorien informationslogistischer Elementarprozesse wurden im Rahmen der deskriptiven Lösungskomponente die folgenden fünf informationslogistischen Prozesse in einem UML-Klassendiagramm modelliert: **Informationsquelle**, **Informationssenke**, **Transformation**, **Archiv** und **Schnittstelle**. Zur Schnittstelle gehören die zwei Kindklassen **Transport** und **Translation**. Diese Prozesse bilden die Systemelemente und werden bei der Modellierung als Gestaltungsbausteine verwendet. Neben den Elementen wurden im Klassendiagramm außerdem die Relationen, also Typen von Informationsflüssen definiert. Es wird zwischen **Betriebsinformationen**, **Betriebssteuerinformationen** und **Steuerinformationen** unterschieden.

Auf Basis der Idealvorstellung und mit den Elementen und Relationen aus der deskriptiven Lösungskomponente wurde die Methode zur Gestaltung eines schlanken Informationslogistiksystems entwickelt. Sie besteht aus fünf Gestaltungsschritten. Zunächst werden Randbedingungen, Rahmenbedingungen und Restriktionen für die Systemgestalt

festgelegt und die Aufgabe des Informationsnutzers beschrieben. Anschließend wird eine erweiterte Informationsbedarfsanalyse durchgeführt. Mit Hilfe der Transformationen und Ressourcen wird nun der Fluss der Betriebsinformationen modelliert. Um die richtigen Betriebsinformationen zur richtigen Zeit an den richtigen Ort zu transportieren, wird anschließend der informationslogistische Prozess um Archive erweitert und die Informationsflusststeuerung gestaltet. Abschließend wird der technische Lösungsraum für das System und die einzelnen Prozesse abgeleitet. Im Rahmen dieser Festlegung werden die Schnittstellenprozesse modelliert. Insgesamt acht Gestaltungsrichtlinien geben bei den einzelnen Methodenschritten konkrete Handlungsanleitungen.

Das Ergebnis der Arbeit wurde evaluiert. Die deskriptive Lösungskomponente wurde anhand von formalen Anforderungen auf Vollständigkeit geprüft. Die inhaltlichen Anforderungen wurden im Rahmen von zwei Fallstudien validiert. Die Evaluation hat gezeigt, dass die Anforderungen an die Lösung fast vollständig erfüllt wurden. Lediglich eine der formalen Vollständigkeitsanforderungen konnte nicht komplett erfüllt werden. Abschließend wurde die gesamte Arbeit einer kritischen Würdigung unterzogen. Das überwiegend deduktive Vorgehen in der Arbeit erlaubte neben der Vollständigkeitsprüfung des Modells die Prüfung der Lösung im Anwendungszusammenhang, d.h. die Prüfung der Realisierbarkeit der aufgestellten Hypothese. Eine formale Prüfung der Lösung auf Richtigkeit ist nicht möglich. In den Fallstudien konnte die Hypothese bestätigt werden. Die wissenschaftlichen und anwendungsorientierten Ziele der Arbeit konnten vollständig erfüllt werden. Die Forschungsfrage „Wie kann ein System für die Informationsversorgung von Produktionsmitarbeitern schlank gestaltet werden?“ kann folgendermaßen beantwortet werden: Mit der theoretischen und der deskriptiven Lösungskomponente, deren Kombination und der Verwendung der auf diesem Fundament basierenden Gestaltungsmethode können die Lean-Prinzipien effektiv auf die Informationsversorgung von Produktionsmitarbeitern übertragen und schlanke Informationssysteme gestaltet werden.

Ausblick Aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung in den Unternehmen kann sich die in Abschnitt 1.1 beschriebene Problemstellung verschärfen. Daher sind weiterführenden Forschungsaktivitäten in der Schnittstelle von Lean Production und Informationsmanagement empfehlenswert. Insbesondere im Bereich der Pragmatik (Gestaltungsziel mit methodischem Auftrag) können weitere Lösungen die Unternehmen auf dem Weg in die Digitalisierung unterstützen. Alle weiterführenden Forschungsarbeiten sollten sich durch die Verwendung einer definierten und abgegrenzten Terminologie auszeichnen. Dies ist auch in der Anwendung der Lösungen wichtig, da es andernfalls zu Missverständnissen und Fehlern kommt, die wiederum Verschwendung in der Nutzung der Systeme zur Folge haben. Die vorliegende Lösung ist nur für die Informationsversorgung von Produktions-

mitarbeitern einsetzbar. Für die Gestaltung von Informationslogistiksystemen in anderen Bereichen oder Branchen muss die theoretische Lösungskomponente adaptiert werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Wertschöpfung und Verschwendung in Bereichen, deren Produkt eine Information oder eine Dienstleistung ist, anders voneinander abzugrenzen sind.

Die objektorientierte Modellierung spielt bei der Gestaltung von IT-Systemen eine wichtige Rolle. Daher sollten Lösungen entwickelt werden, welche die Übertragung des schlanken Informationslogistiksystems auf ein schlankes objektorientiertes Modell erlauben. Die vorgestellten adaptierten Prinzipien müssen die Basis einer solchen Lösung bilden. Die Verschwendungsarten sind in weiteren Fallstudien auf ihre Eignung zu prüfen und möglicherweise zu adaptieren. Insbesondere die transparente Darstellung der Verschwendungsart *Bewegung* gilt es in diesem Zusammenhang zu diskutieren. Objektorientierte Darstellungen einzelner Transformationen bieten sich an, um die reduzierte Abbildung des Informationslogistiksystems dahingehend zu ergänzen, dass diese Verschwendungsart sichtbar wird. Die Prüfung der Vollständigkeit des Modells basiert auf der theoretischen Lösungskomponente und anderen Erklärungsmodellen der Wirtschaftsinformatik (z.B. 4R). Aufgrund der relativen Neuheit dieser Wissenschaftsdisziplin müssen diese Modelle einem kontinuierlichen Wissenschaftsdiskurs unterworfen und empirisch überprüft werden, sodass sich (ähnlich wie in der Lean Production) ein anwendungsorientierter Konsens ergibt. Gegebenenfalls ist dann eine Anpassung der Lösungskomponenten notwendig.

Die prozessorientierte Darstellung eines Informationslogistiksystems stellt ein verkürztes Modell dar. In der Realität sind Informationsflüsse selten linear oder konvergent, sondern bilden ein Netzwerk. Einige Aspekte eines Netzwerks, wie beispielsweise die iterative Transformation eines Informationsbündels, können für die Gestaltung schlanker Informationssysteme relevant sein. Hier gilt es zu analysieren, ob weitere Eigenschaften von Informationssystemen, die aufgrund der verkürzten Modellierung nicht betrachtet wurden, einen Einfluss auf die Schlankheit des Informationssystems haben. Ähnliches gilt für die in dieser Arbeit nicht betrachteten Einflüsse der Systemumgebung.

Die gestalteten schlanken Informationslogistiksysteme werden in technische Konzepte überführt, um sie anschließend zu implementieren. Auf Basis des abgeleiteten technischen Lösungsraums müssen häufig Entscheidungen bzgl. einer Digitalisierung einzelner Prozesse oder der kompletten Prozesskette getroffen werden. Dies erfordert auch eine Auswahl realisierender IT. Für solche Entscheidungen müssen neben den in dieser Arbeit betrachteten Aspekten der Lean Production auch andere Aspekte beachtet werden. Hierzu zählen beispielsweise Kosten für Technik und Technikverwaltung oder die Verfügbarkeit einzelner technischer Systeme.

Die intelligente Vernetzung von Systemen in der Industrie wird von neuen Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik getrieben. Hinter dieser Entwicklung steht unter Anderem der Wunsch der Unternehmen und Informationsnutzer die Informationsverfügbarkeit kontinuierlich zu erhöhen und neue Datenpools leicht zugänglich zu machen. Dies kann dazu führen, dass beim Digitalisieren „zu viel“, das heißt über den eigentlichen Bedarf hinaus IT eingesetzt wird. In den letzten Jahren und Jahrzehnten konnte dies meist darauf zurückgeführt werden, dass IT-Anbieter Programmpakete vermarkteten, die zudem selten funktionierende Schnittstellen zu anderen Systemen boten. Neuere Entwicklungen in der IT versprechen hier Abhilfe. Beispielsweise soll FabOS, ein „System abgestimmter Komponenten und Dienste zum Betrieb einer vernetzten Fabrik“ (Fraunhofer IPA 2021) als „offenes, verteiltes, echtzeitfähiges und sicheres“ (Fraunhofer IPA 2021) System bereitgestellt werden. Durch den Grundsatz der Offenheit werden hier direkt bei der Entwicklung spätere Schnittstellen vermieden und so Verschwendung reduziert. Auch der vermehrte Einsatz neuerer Architekturstile, wie der ereignisgesteuerten SOA verspricht eine wesentlich bedarfsorientiertere Digitalisierung. Mit Management-Ansätzen wie dem Data Governance kann zusätzlich der Umgang mit Daten in Unternehmen besser geregelt werden, sodass das Informationsangebot ein höheres Qualitätsniveau erreicht. Im Sinne der schlanken Informationsversorgung sollten diese technischen und organisatorischen Entwicklungen weiter verfolgt werden.

Literatur

acatech 2013

acatech – Deutsche Akademie der
Technikwissenschaften e.V., 2013.
*Technikwissenschaften: Erkennen - Gestalten -
Verantworten.*
Wiesbaden: Springer Vieweg.
acatech IMPULS, Februar 2013.
ISBN 978-3-642-34605-7

Altendorfer-Kaiser et al. 2015

Altendorfer-Kaiser, Susanne; Kapeller, Johannes;
Judmaier, Georg, 2015.
Schlanke Informationswirtschaft als
Herausforderung der modernen Industrie. Einsatz
der Lean-Philosophie zur Identifizierung
wertschöpfender Informationen.
Industrie 4.0 Management, **31** (2), S. 19–22

Arnold et al. 2009

Arnold, Dieter; Furmans, Kai, 2009.
Materialfluss in Logistiksystemen.
6., erweiterte Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
VDI-Buch.
ISBN 978-3-642-01404-8

Arnold et al. 2008

Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel;
Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai (Hrsg.), 2008.
Handbuch Logistik.
3., neu bearb. Auflage.
Berlin: Springer.
VDI-Buch.
ISBN 978-3-540-72929-7

- Augustin 1990** Augustin, Siegfried, 1990.
*Information als Wettbewerbsfaktor:
Informationslogistik - Herausforderung an das
Management.*
Zürich: Verlag Industrielle Organisation.
Schriftenreihe Erfolgspotentiale für Unternehmer
und Führungskräfte.
ISBN 978-3-857-43949-0
- Bauernhansl et al. 2018a** Bauernhansl, Thomas; Hartleif, Silke;
Felix, Thomas, 2018.
Der Digitale Schatten: Gestaltung eines
Informationssystemes für die Informationsversorgung
in wertschöpfenden Systemen.
wt Werkstattstechnik online, **108** (3), S. 132–136
- Bauernhansl et al. 2018b** Bauernhansl, Thomas; Hartleif, Silke;
Felix, Thomas, 2018.
The Digital Shadow of production – A concept for
the effective and efficient information supply in
dynamic industrial environments.
Procedia CIRP, **72**, S. 69–74.
DOI: [10.1016/j.procir.2018.03.188](https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.188)
- Bauernhansl et al. 2014** Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael ten;
Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.), 2014.
*Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und
Logistik: Anwendung, Technologien, Migration.*
Wiesbaden: Springer Vieweg.
ISBN 978-3-658-04681-1

Becker et al. 2003

Becker, Jörg; Grob, Lothar; Klein, Stefan;
Kuchen, Herbert; Müller-Funk, Ulrich;
Vossen, Gottfried (Hrsg.), 2003.
*Forschungsmethodische Positionierung in der
Wirtschaftsinformatik - epistemologische,
ontologische und linguistische Leitfragen.*
Verfügbar unter:
<http://hdl.handle.net/10419/59562>
Zugriff am: 03.07.2019

Beiersdorf 1995

Beiersdorf, Holger, 1995.
*Informationsbedarf und
Informationsbedarfsermittlung im
Problemlösungsprozess Strategische
Unternehmensplanung.*
München: Rainer Hampp Verlag.
Schriften zum Management.
ISBN 978-3-879-88104-9

**Bibliographisches Institut
GmbH 2018**

Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.), 2018.
*Die Form: Rechtschreibung und
Bedeutungsübersicht.*
Verfügbar unter:
<https://www.duden.de/rechtschreibung/Form>
Zugriff am: 30.01.2019

**Bibliographisches Institut
GmbH 2020**

Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.), 2020.
Echtzeit: Rechtschreibung und Bedeutungsübersicht.
Verfügbar unter: [https:
//www.duden.de/node/36444/revision/36473](https://www.duden.de/node/36444/revision/36473)
Zugriff am: 09.01.2021

- Bibliographisches Institut GmbH 2021** Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.), 2021.
kompatibel: Rechtschreibung und Bedeutungsübersicht.
Verfügbar unter: <https://www.duden.de/node/149330/revision/241789>
Zugriff am: 02.04.2021
- Binner 1987** Binner, Hartmut Friedrich, 1987.
Anforderungsgerechte Datenermittlung fuer Fertigungssteuerungssysteme.
Berlin Köln: Beuth Verlag.
Betriebstechnische Reihe RKW-REFA.
ISBN 3-410-37973-8
- Bruns et al. 2010** Bruns, Ralf; Dunkel, Jürgen, 2010.
Event-Driven Architecture: Softwarearchitektur für ereignisgesteuerte Geschäftsprozesse.
Berlin Heidelberg: Springer.
Xpert.press.
ISBN 978-3-642-02438-2
- BMWi 2019** Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.), 2019.
Was ist Industrie 4.0?
Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>
Zugriff am: 04.06.2020
- BVL e.V. 2017** Bundesvereinigung Logistik e.V. (Hrsg.), 2017.
Logistik als Wissenschaft - zentrale Forschungsfragen in Zeiten der vierten industriellen Revolution.
Verfügbar unter: <https://www.bvl.de/positionspapier-logistik40>
Zugriff am: 04.06.2020

- Buscher 2017** Buscher, Udo, 2017.
Wie sich Industrie 4.0 und Lean gegenseitig befruchten: Der Einfluss auf die strategischen Erfolgsfaktoren.
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, **112** (7-8), S. 518–521
- Chapados 2013** Chapados, Chip, 2013.
Eight Wastes (Muda) of Information: The Eight Mudas and Information.
Verfügbar unter:
<https://toyotaproductionsystemus.wordpress.com/2013/05/04/eight-wastes-muda-of-information/>
Zugriff am: 01.09.2019
- Colangelo et al. 2019** Colangelo, Eduardo; Bauernhansl, Thomas; Hartleif, Silke; Kröger, Torsten, 2019.
A Service-Oriented Approach for the Cognitive Factory: A Position Paper.
In: *International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC 2019)*.
Okinawa, Japan, 11.02.2019-13.02.2019, S. 540–542.
ISBN 978-1-5386-7823-7.
DOI: [10.1109/ICAIIIC.2019.8668990](https://doi.org/10.1109/ICAIIIC.2019.8668990)
- Dittrich 2008** Dittrich, Ingo, 2008.
Ein Beitrag zur Optimierung der Informationslogistik im Ersatzteilwesen der Automobilindustrie.
Kaiserslautern, Technische Universität, Diss., 2008.
URN: [urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-23437](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-23437)

- Dornberg 2010** Dornberg, Jan Henrik, 2010.
Schlanke Informationslogistik: Wie die Prinzipien des Lean Managements helfen können, den Umgang mit Informationen und Wissen zu verbessern.
UdZ-Unternehmen der Zukunft, **11** (3), S. 58–60
- Erlach 2020** Erlach, Klaus, 2020.
Wertstromdesign: Der Weg Zur Schlanken Fabrik.
3. Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
ISBN 978-3-662-58906-9
- Erlach 2010** Erlach, Klaus, 2010.
Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik.
2., bearb. und erweiterte Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
VDI-Buch.
ISBN 978-3-540-89866-5
- Erlach et al. 2020** Erlach, Klaus; Böhm, Markus; Hartleif, Silke;
Leipoldt, Christoph; Ungern-Sternberg, Roman,
2020.
Gestaltungsrichtlinien in den
Technikwissenschaften: Eine
wissenschaftstheoretische Betrachtung.
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb,
115 (1-2), S. 77–81.
DOI: [10.3139/104.112206](https://doi.org/10.3139/104.112206)
- Fischer et al. 2011** Fischer, Peter; Hofer, Peter, 2011.
Lexikon der Informatik.
15. überarbeitete Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
ISBN 978-3-642-15125-5

- Fischer et al. 2020** Fischer, Tobias; Schmieder, Benedikt, 2020.
Lean-IT - Anwendbarkeit bewährter
Lean-Management-Methoden in der
Unternehmens-IT.
Industrie 4.0 Management, **36** (3), S. 45–48.
DOI: [10.30844/I40M_20-3_S45-48](https://doi.org/10.30844/I40M_20-3_S45-48)
- Floyd et al. 1992** Floyd, Christiane; Budde, Reinhard;
Züllighoven, Heinz; Keil-Slawik, Reinhard (Hrsg.),
1992.
Software development and reality construction.
Berlin Heidelberg: Springer.
ISBN 978-3-642-76819-4
- Fraunhofer IPA 2018** Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und
Automatisierung IPA (Hrsg.), 2018.
Leistungszentrum Mass Personalization.
Verfügbar unter:
<https://www.masspersonalization.de/>
Zugriff am: 09.02.2020
- Fraunhofer IPA 2021** Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und
Automatisierung IPA (Hrsg.), 2021.
Was ist FabOS?
Verfügbar unter: <https://www.fab-os.org/faq>
Zugriff am: 28.07.2021
- Fuchs-Kittowski 2002** Fuchs-Kittowski, Klaus, 2002.
Wissens-Ko-Produktion - Organisationsinformatik:
Verarbeitung, Verteilung und Entstehung von
Informationen in kreativ-lernenden Organisationen.
In: Floyd, Christiane (Hrsg.): *Stufen zur
Informationsgesellschaft*.
Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag, S. 59–125.
ISBN 3-631-37642-1

- Gessert et al. 2019** Gessert, Stephan; Hartleif, Silke; Schmidhäuser, Paul; Jelschow, Vladimir, 2019. Potenziale in der Informationswirtschaft. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, **114** (12), S. 859–862
- Gudehus 2012** Gudehus, Timm, 2012. *Dynamische disposition: Strategien, Algorithmen und Werkzeuge zur optimalen Auftrags-, Bestands- und Fertigungsdisposition*. 3. neu bearbeitete und erweiterte Aufl. Berlin: Springer. ISBN 3642229832
- Gudehus 2010** Gudehus, Timm, 2010. *Logistik: Grundlagen Strategien Anwendungen*. 4., aktualisierte Auflage. Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-540-89388-2
- Guedes 2018** Guedes, Jorge, 2018. A Lean mind-set on the Information Technologies sector: Targeting and addressing waste for an increased performance. In: Mejia, Jezreel; Muñoz, Mirna; Rocha, Álvaro; Quiñonez, Yadira; Calvo-Manzano, Jose (Hrsg.): *Trends and Applications in Software Engineering*. Cham: Springer International Publishing, S. 285–294. Advances in Intelligent Systems and Computing. ISBN 978-3-319-69340-8. DOI: [10.1007/978-3-319-69341-5_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69341-5_26)

- Günthner et al. 2013** Günthner, Willibald; Durchholz, Janina; Klenk, Eva; Boppert, Julia; Knössl, Tobias; Klevers, Markus, 2013.
Schlanke Logistikprozesse: Handbuch für den Planer.
1. Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
ISBN 978-3-642-38271-0
- Haberfellner et al. 2015** Haberfellner, Reinhard; de Weck, Olivier; Fricke, Ernst; Vössner, Siegfried, 2015.
Systems Engineering: Grundlagen und Anwendung.
13., aktualisierte Auflage.
Zürich: Orell Füssli.
ISBN 978-3-280-04068-3
- Hartleif et al. 2017** Hartleif, Silke; Bauernhansl, Thomas; Erlach, Klaus, 2017.
Schlanke Informationslogistik: Konzept für ein nachfragegesteuertes Informationslogistiksystem.
Industrie 4.0 Management, **33** (3), S. 45–48
- Hartmann et al. 2018** Hartmann, Lukas; Meudt, Tobias; Seifermann, Stefan; Metternich, Joachim, 2018.
Wertstromdesign 4.0: Gestaltung schlanker Wertströme im Zeitalter von Digitalisierung und Industrie 4.0.
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, **113** (6), S. 393–397.
DOI: [10.3139/104.111931](https://doi.org/10.3139/104.111931)
- Heinisch 2002** Heinisch, Christian, 2002.
Inmitten der Informationsflut herrscht Informationsmangel.
ABI Technik, **22** (4), S. 340–349.
DOI: [10.1515/ABITECH.2002.22.4.340](https://doi.org/10.1515/ABITECH.2002.22.4.340)

- Hevner et al. 2004** Hevner, Alan R.; March, Salvatore T.; Park, Jinsoo; Ram, Sudha, 2004.
Design Science in Information Systems Research.
MIS Quarterly, **28** (1), S. 75–106
- Hicks 2007** Hicks, Ben, 2007.
Lean information management: Understanding and eliminating waste.
International Journal of Information Management, **27** (4), S. 233–249.
DOI: [10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001](https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001)
- Hildebrand et al. 2015** Hildebrand, Knut; Gebauer, Marcus; Hinrichs, Holger (Hrsg.), 2015.
Daten- und Informationsqualität: Auf dem Weg zur Information Excellence.
3., erw. Auflage.
München: Springer Vieweg.
ISBN 978-3-658-09214-6
- Hinrichs 2002** Hinrichs, Holger, 2002.
Datenqualitätsmanagement in Data Warehouse-Systemen.
Oldenburg, Universität, Diss., 2002.
URN: [urn:nbn:de:gbv:715-oops-3099](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:715-oops-3099)
- Holten 1999** Holten, Roland, 1999.
Entwicklung von Führungsinformationssystemen: Ein methodenorientierter Ansatz.
Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
Informationsmanagement und Controlling.
ISBN 978-3-322-92349-3

- Holzkamp 1972** Holzkamp, Klaus, 1972.
Kritische Psychologie: Vorbereitende Arbeiten.
Frankfurt am Main: Fischer-Taschenbuch-Verlag.
ISBN 978-3-436-01489-6
- IDC Central Europe GmbH 2014** IDC Central Europe GmbH, 2014.
*IDC Studie: Industrie 4.0 durchdringt
verarbeitendes Gewerbe in Deutschland:
Investitionen für 2015 geplant.*
Frankfurt am Main, 2014.
Verfügbar unter:
http://idc.de/dwn/SF_120863/pm06_2014_idc_studie_industrie_4.0_de_2014.pdf
Zugriff am: 19.10.2015
- Juki Americas 2020** Juki Americas (Hrsg.), 2020.
*FX-3RA | SMT Placement | Pick and Place
Machine | High Precision Technology.*
Verfügbar unter: http://jukiamericas.com/smt-products/flexible-high-speed/fx_series/fx3ra/
Zugriff am: 11.02.2020
- Jung 2019** Jung, Reinhard, 2019.
*Informationsangebot: Enzyklopädie der
Wirtschaftsinformatik.*
Verfügbar unter: www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-encyklopaedie/lexikon/daten-wissen/Grundlagen-der-Informationsversorgung/Informationsangebot/index.html
Zugriff am: 06.06.2020

- Jung et al. 2008** Jung, Reinhard; Myrach, Thomas (Hrsg.), 2008.
Quo vadis Wirtschaftsinformatik?
Wiesbaden: Gabler Verlag.
Gabler Edition Wissenschaft.
ISBN 978-3-8349-1145-2
- Kagermann et al. 2013** Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang;
Helbig, Johannes (Hrsg.), 2013.
*Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt
Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises
Industrie 4.0.*
Verfügbar unter:
[https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-
industrie-4-0-848.html](https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html)
Zugriff am: 05.06.2020
- Kärcher 2015** Kärcher, Bernd, 2015.
Alternative Wege in die Industrie 4.0 –
Möglichkeiten und Grenzen.
In: Botthof, Alfons; Hartmann, Ernst Andreas
(Hrsg.): *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0.*
Berlin Heidelberg: Springer Vieweg, S. 47–58.
ISBN 978-3-662-45915-7
- Kärcher et al. 2020** Kärcher, Susann; Grabi, Florian; Gessert, Stephan;
Reich, Constanze-Elisa; Bauernhansl, Thomas,
2020.
Use Cases eines Sensorsystems für die Produktion.
wt Werkstattstechnik online, **110** (6), S. 407–412
- Klevers 2007** Klevers, Thomas, 2007.
*Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design:
Verschwendung vermeiden - Wertschöpfung
steigern.*
Landsberg am Lech: mi-Fachverlag.
ISBN 978-3-636-03097-9

- Klußmann 2009** Klußmann, Jan Hinrich, 2009.
Einsatzpotenziale des Mobile Computing in der Produktionslogistik von Auftragsfertigern.
Garbsen: TEWISS Verlag.
Hannover, Leibniz Universität, Diss., 2009.
ISBN 978-3-941-41615-4
- Knauer 2015** Knauer, Dirk, 2015.
Act Big - Neue Ansätze für das Informationsmanagement: Informationsstrategie im Zeitalter von Big Data und digitaler Transformation.
Wiesbaden: Springer Fachmedien.
ISBN 978-3-658-06751-9
- Kobus 2016** Kobus, Jörn, 2016.
Demystifying lean IT: Conceptualization and definition.
In: *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI)*.
Illmenau, 09.03.2016-11.03.2016, S. 1429–1440.
ISBN 978-3-863-60132-4
- Kobus et al. 2016** Kobus, Jörn; Westner, Markus;
Strahinger, Susanne, 2016.
Einführung von Lean Management in IT-Organisationen.
HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, **53** (6), S. 879–893.
DOI: [10.1365/s40702-016-0266-1](https://doi.org/10.1365/s40702-016-0266-1)
- Kolberg 2018** Kolberg, Dennis, 2018.
Entwicklung einer Referenzarchitektur zur Realisierung von Methoden der Lean Production mittels digitaler Technologien.
Kaiserslautern, Technische Universität, Diss., 2018.
URN: [urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-53310](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-53310)

- Kornwachs 2012** Kornwachs, Klaus, 2012.
Strukturen technologischen Wissens: Analytische Studien zu einer Wissenschaftstheorie der Technik.
Berlin: edition sigma.
ISBN 978-3-8360-3585-9
- Krampe et al. 2006** Krampe, Horst; Lucke, Hans-Joachim (Hrsg.), 2006.
Grundlagen der Logistik: Theorie und Praxis logistischer Systeme.
3., völlig neu bearb. und wesentlich erw. Auflage.
München: Huss-Verlag.
ISBN 3-937711-23-6
- Krcmar 2015a** Krcmar, Helmut, 2015.
Einführung in das Informationsmanagement.
2., überarb. Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
Springer-Lehrbuch.
ISBN 978-3-662-44328-6
- Krcmar 2015b** Krcmar, Helmut, 2015.
Informationsmanagement.
6., überarb. Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
ISBN 978-3-662-45862-4
- Küpfmüller 1959** Küpfmüller, Karl, 1959.
Informationsverarbeitung durch den Menschen.
Nachrichtentechnische Zeitung, S. 68–74
- Leckie 1996** Leckie, Gloria J., 1996.
Modeling the Information Seeking of Professionals:
A General Model Derived from Research on
Engineers, Health Care Professionals, and Lawyers.
The library quarterly, **66** (2), S. 161–193

- LexisNexis GmbH 2007** LexisNexis GmbH (Hrsg.), 2007.
Workplace productivity survey.
Verfügbar unter: http://www.lexisnexis.com/literature/pdfs/LexisNexis_Workplace_Productivity_Survey_2_20_08.pdf
Zugriff am: 20. 03. 2017
- Lušić et al. 2016** Lušić, Mario; Fischer, Christian; Bönig, Jochen; Hornfeck, Rüdiger; Franke, Jörg, 2016.
Worker Information Systems: State of the Art and Guideline for Selection under Consideration of Company Specific Boundary Conditions.
CIRP Conference on Manufacturing Systems, **41**, S. 1113–1118.
DOI: [10.1016/j.procir.2015.12.003](https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.003)
- Magenheimer 2014** Magenheimer, Kai Alexander, 2014.
Lean Management in indirekten Unternehmensbereichen: Modellierung, Analyse und Bewertung von Verschwendung.
München, Technische Universität, Diss., 2014.
URN:
[urn:nbn:de:bvb:91-diss-20140321-1176987-0-7](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bvb:91-diss-20140321-1176987-0-7)
- Maguire 2016** Maguire, Kate, 2016.
Lean and IT working together? An exploratory study of the potential conflicts between lean thinking and the use of information technology in organisations today.
In: Chiarini, Andrea; Found, Pauline; Rich, Nicholas (Hrsg.): *Understanding the lean enterprise.*
Cham: Springer International Publishing, S. 31–60.
Measuring operations performance.
ISBN 978-3-319-19994-8

- Mayer et al. 1995** Mayer, Richard; Crump, John; Fernandes, Ronald; Keen, Arthur; Painter, Michael, 1995.
Information Integration for current Engineering (IICE): Compendium of Methods Report.
Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/237827761_Information_Integration_for_Concurrent_Engineering_IICE_Compendium_of_Methods_Report
Zugriff am: 04.06.2020
- Mayring 2010** Mayring, Philipp, 2010.
Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken.
11., aktualisierte und überarbeitete Auflage.
Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.
ISBN 978-3-407-25533-4
- Meister 2014** Meister, Sven, 2014.
Erweiterung von Konzepten des complex event processings zur informationslogistischen Verarbeitung telemedizinischer Ereignisse.
Dortmund, Technische Universität, Diss., 2014.
URN: [urn:nbn:de:101:1-201607055268](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-201607055268)
- Mertens 2001** Mertens, Peter (Hrsg.), 2001.
Lexikon der Wirtschaftsinformatik.
4., vollst. neu bearb. und erw. Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
ISBN 3-540-42339-7

- Meudt et al. 2016a** Meudt, Tobias; Leipoldt, Christoph; Metternich, Joachim, 2016.
Der neue Blick auf Verschwendung im Kontext von Industrie 4.0: Detaillierte Analyse von Verschwendung in Informationslogistikprozessen. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, **111** (11), S. 754–758
- Meudt et al. 2016b** Meudt, Tobias; Rößler, Markus; Böllhoff, Jörg; Metternich, Joachim, 2016.
Wertstromanalyse 4.0: Ganzheitliche Betrachtung von Wertstrom und Informationslogistik in der Produktion. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, **111** (6), S. 319–323
- Michalicki et al. 2020** Michalicki, Mathias; Büttner, Konstantin; Schneider, Markus, 2020.
Effektives Wertstromdesign 4.0. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, **115** (5), S. 348–351.
DOI: [10.3139/104.112289](https://doi.org/10.3139/104.112289)
- Miles et al. 2006** Miles, Russ; Hamilton, Kim, 2006.
Learning UML 2.0: a pragmatic introduction to UML.
1. Auflage.
Sebastopol: O'Reilly.
ISBN 978-0-596-00982-3
- Mohanty et al. 2015** Mohanty, Hrushikesh; Bhuyan, Prachet; Chenthati, Deepak (Hrsg.), 2015.
Big Data: A Primer.
New Delhi: Springer India.
Studies in Big Data.
ISBN 978-81-322-2493-8

- Müller et al. 2010** Müller, Arno; Schröder, Hinrich; von Thienen, Lars, 2010.
Lean IT-Management — Was kann die IT aus Produktionssystemen lernen?
Wirtschaftsinformatik und Management, **2** (3), S. 74–80.
DOI: [10.1007/BF03248263](https://doi.org/10.1007/BF03248263)
- Müller et al. 2011** Müller, Arno; Schröder, Hinrich; von Thienen, Lars, 2011.
Steigerung des Wertbeitrags von Informationssystemen durch Lean IT-Management.
Wirtschaftsinformatik und Management, **3** (4), S. 72–79.
DOI: [10.1365/s35764-011-0064-z](https://doi.org/10.1365/s35764-011-0064-z)
- Najda 2001** Najda, Lars, 2001.
Informations- und Kommunikationstechnologie in der Unternehmensberatung: Möglichkeiten, Wirkungen und Gestaltung des Einsatzes.
Wiesbaden: Springer Fachmedien.
Hohenheim, Universität, Diss., 2001.
ISBN 978-3-8244-7495-0
- Norm DIN EN ISO 10209** DIN EN ISO 10209:2012-11.
Technische Produktdokumentation - Vokabular - Begriffe für technische Zeichnungen, Produktdefinition und verwandte Dokumentation
- Norm DIN EN ISO 9000** DIN EN ISO 9000:2015-11.
Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe
- Norm DIN EN ISO 9241-112** DIN EN ISO 9241-112:2017-08.
Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 112: Grundsätze der Informationsdarstellung

- Norm DIN EN ISO 9241-125** DIN EN ISO 9241-125:2018-05.
Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 125: Empfehlungen zur visuellen Informationsdarstellung
- Norm ISO IEC 18384-1** ISO IEC 18384-1:2016-01.
Information technology - Reference Architecture for Service Oriented Architecture (SOA RA) - Part 1: Terminology and concepts for SOA
- Norm ISO IEC 2382** ISO IEC 2382:2015-05.
Information technology — Vocabulary
- Norm VDI 2221** VDI 2221:1993-05.
Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte
- Norm VDI 2870** VDI 2870:2012-07.
Ganzheitliche Produktionssysteme - Grundlagen, Einführung und Bewertung
- North 2016a** North, Klaus, 2016.
Wissensmanagement für Qualitätsmanager: Erfüllung der Anforderungen nach ISO 9001:2015.
1. Auflage.
Wiesbaden: Springer Fachmedien.
ISBN 978-3-658-11249-3
- North 2016b** North, Klaus, 2016.
Wissensorientierte Unternehmensführung: Wissensmanagement gestalten.
6., aktualisierte und erweiterte Auflage.
Wiesbaden: Springer Fachmedien.
ISBN 978-3-658-11642-2

- Oehmen et al. 2011** Oehmen, Josef; Rebentisch, Eric, 2011.
Der Informationsfluss muss effizient sein.
io Management, (7/8), S. 58-62
- Ohno 1993** Ohno, Taiichi, 1993.
Das Toyota-Produktionssystem.
Frankfurt am Main: Campus-Verlag.
ISBN 978-3-593-34946-6
- Österle et al. 2010a** Österle, Hubert; Otto, Boris, 2010.
Konsortialforschung: Eine Methode für die
Zusammenarbeit von Forschung und Praxis in der
gestaltungsorientierten
Wirtschaftsinformatikforschung.
WI Wirtschaftsinformatik, **52** (5), S. 273-285.
DOI: [10.1007/s11576-010-0238-y](https://doi.org/10.1007/s11576-010-0238-y)
- Österle et al. 2010b** Österle, Hubert; Winter, Robert; Brenner, Walter
(Hrsg.), 2010.
*Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik: Ein
Plädoyer für Rigor und Relevanz*.
Nürnberg: Infowerk.
ISBN 978-3-00-030310-4
- Patzak 1982** Patzak, Gerold, 1982.
*Systemtechnik - Planung komplexer innovativer
Systeme: Grundlagen, Methoden, Techniken*.
Berlin, Heidelberg: Springer.
ISBN 978-3-540-11783-4

- Pietsch et al. 2004** Pietsch, Thomas; Martiny, Lutz; Klotz, Michael, 2004.
Strategisches Informationsmanagement: Bedeutung, Konzeption und Umsetzung.
4., vollst. neu bearb. und erw. Auflage.
Berlin: Schmidt.
ISBN 978-3-503-06086-3
- Pollack 1995** Pollack, Alexander, 1995.
Entwicklung eines Informationssystems zur strategischen Planung des Werkzeugbaus: Ein Beitrag zur Strategiefindung auf Basis von Benchmarking-Ergebnissen.
Aachen: Shaker Verlag.
Aachen, Technische Hochschule, Diss., 1995.
ISBN 978-3-826-50959-9
- Poppendieck 2001** Poppendieck, Mary, 2001.
Lean Programming.
Verfügbar unter:
<http://www.leanessays.com/2010/11/lean-programming.html>
Zugriff am: 09.06.2020
- Premtronic Sdn Bhd 2018** Premtronic Sdn Bhd (Hrsg.), 2018.
E by SIPLACE.
Verfügbar unter:
<http://premtronic.com/products/smt-placement/e-by-siplace/>
Zugriff am: 11.02.2020

- Prinz et al. 2018** Prinz, Christopher; Kreggenfeld, Niklas; Kuhlenkötter, Bernd, 2018.
Lean meets Industrie 4.0 – a practical approach to interlink the method world and cyber-physical world.
Procedia Manufacturing, **23**, S. 21–26.
DOI: [10.1016/j.promfg.2018.03.155](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.155)
- Rechenberg 2010** Rechenberg, Peter, 2010.
Was ist Informatik?
Informatik Spektrum, **33** (1), S. 54–60.
DOI: [10.1007/s00287-009-0369-y](https://doi.org/10.1007/s00287-009-0369-y)
- Rechenberg 2003** Rechenberg, Peter, 2003.
Zum Informationsbegriff der Informationstheorie.
Informatik Spektrum, **26** (5), S. 317–326.
DOI: [10.1007/s00287-003-0329-x](https://doi.org/10.1007/s00287-003-0329-x)
- Reinhart et al. 2015** Reinhart, Gunther; Bauernhansl, Thomas, 2015.
Industrie 4.0.
wt Werkstattstechnik online, **105** (3), S. 78
- Roh et al. 2019** Roh, Philip; Kunz, Andreas; Wegener, Konrad, 2019.
Information stream mapping: Mapping, analysing and improving the efficiency of information streams in manufacturing value streams.
CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, **25**, S. 1–13.
DOI: [10.1016/j.cirpj.2019.04.004](https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2019.04.004)

- Rohweder et al. 2007** Rohweder, Jan; Kasten, Gerhard; Malzahn, Dirk; Piro, Andrea; Schmid, Joachim, 2007.
Informationsqualität: Definitionen, Dimensionen und Begriffe.
Verfügbar unter: http://www.competence-site.de/content/uploads/0d/7d/dgiq_iq_dimensionen_definitionen.pdf
Zugriff am: 09.06.2020
- Ropohl 2012** Ropohl, Günter, 2012.
Allgemeine Systemtheorie: Einführung in transdisziplinäres Denken.
Berlin: edition sigma.
ISBN 978-3-836-03586-6
- Ropohl 2009** Ropohl, Günter, 2009.
Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik: Univ., Habil.-Schr.–Karlsruhe, 1978.
3., überarb. Auflage.
Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
ISBN 978-3-866-44374-7
- Rother et al. 2000** Rother, Mike; Shook, John, 2000.
Sehen lernen: Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen.
Dt. Ausgabe, Version 1.0.
Stuttgart: LOG_X.
ISBN 978-3-932-29811-0
- Sauer 2011** Sauer, Olaf, 2011.
Informationstechnik in der Fabrik der Zukunft:
Fabrik 4.0: Aktuelle Rahmenbedingungen, Stand der Technik und Forschungsbedarf.
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb,
106 (12), S. 955–962

- Scheer 1992** Scheer, August-Wilhelm, 1992.
Architektur integrierter Informationssysteme: Grundlagen der Unternehmensmodellierung.
2., verb. Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
ISBN 978-0-387-55401-3
- Schenk et al. 2010** Schenk, Joachim; Rigoll, Gerhard, 2010.
Mensch-Maschine-Kommunikation: Grundlagen von sprach- und bildbasierten Benutzerschnittstellen.
Berlin Heidelberg: Springer.
ISBN 978-3-642-05456-3
- Schönsleben 2001** Schönsleben, Paul, 2001.
Integrales Informationsmanagement: Informationssysteme für Geschäftsprozesse ; Management, Modellierung, Lebenszyklus und Technologie.
2., vollst. überarb. und erw. Auflage.
Berlin: Springer.
ISBN 978-3-540-41712-5
- Schuh et al. 2019** Schuh, Günther; Prote, Jan-Philipp; Molitor, Marco; Wlecke, Shari, 2019.
Produktivitätsbaukasten 4.0: Ganzheitliche Steigerung der Produktivität durch die Kombination von Lean und Industrie 4.0 auf Makro- und Mikroebene.
ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, **114** (6), S. 408–411.
DOI: [10.3139/104.112110](https://doi.org/10.3139/104.112110)

- Seemann et al. 2006** Seemann, Jochen; Wolff von Gudenberg, Jürgen, 2006.
Software-Entwurf mit UML 2: Objektorientierte Modellierung mit Beispielen in Java.
2. Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
Xpert.press.
ISBN 978-3-540-30949-9
- Shannon 1949** Shannon, Claude, 1949.
The mathematical theory of communication.
Urbana: Univ. of Illinois Press.
ISBN 978-0-252-09803-1
- Snyder 2011** Snyder, Derrick, 2011.
Datenbank, oder nicht, ... Messdaten optimal verwalten.
Mechatronik, **119** (9), S. 23–25
- Specker 2005** Specker, Adrian, 2005.
Modellierung von Informationssystemen.
2. überarb. u. erw. Auflage.
Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH
Zürich.
vdf Wirtschaftsinformatik.
ISBN 978-3-7281-3713-5
- Springer Fachmedien
Wiesbaden GmbH 2013** Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH (Hrsg.),
2013.
*Kompakt-Lexikon Wirtschaftsinformatik: 1.500
Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden.*
Wiesbaden: Springer Gabler.
ISBN 9783658030285

- Stachowiak 1973** Stachowiak, Herbert, 1973.
Allgemeine Modelltheorie.
Wien: Springer.
ISBN 3-211-81106-0
- Stentoft Arlbjørn 2011** Stentoft Arlbjørn, Jan, 2011.
Service supply chain management.
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, **41** (3), S. 277–295
- Stokes 1997** Stokes, Donald E., 1997.
Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation.
Washington: Brookings Inst. Press.
ISBN 0-8157-8178-4
- Strauch 2002** Strauch, Bernhard, 2002.
Entwicklung einer Methode für die Informationsbedarfsanalyse im Data Warehousing.
St. Gallen, Universität, Diss., 2001
- Strong et al. 1997** Strong, Diane M.; Lee, Yang W.;
Wang, Richard Y., 1997.
10 potholes in the road to information quality.
Computer, **30** (8), S. 38–46.
DOI: [10.1109/2.607057](https://doi.org/10.1109/2.607057)
- ten Hompel et al. 2016** ten Hompel, Michael; Putz, Matthias;
Nettsträter, Andreas, 2016.
Social Networked Industry: Für ein positives Zukunftsbild von Industrie 4.0: Whitepaper.
Verfügbar unter: <https://www.e3-produktion.de/de/pressecenter.html>
Zugriff am: 04.06.2020

- Ten Hompel 2020** Ten Hompel, Michael et al., 2020.
Logistik.
In: Hennecke, Manfred; Skrotzki, Birgit (Hrsg.):
HÜTTE - Das Ingenieurwissen.
Berlin Heidelberg: Springer, S. 1–43.
ISBN 978-3-662-57492-8
- Töpfer 2010** Töpfer, Armin, 2010.
*Erfolgreich Forschen: Ein Leitfaden für Bachelor-,
Master-Studierende und Doktoranden*.
2., überarb. und erw. Auflage.
Berlin Heidelberg: Springer.
Springer-Lehrbuch.
ISBN 978-3-642-13901-7
- Trepper 2012** Trepper, Tobias, 2012.
Methodendesign.
In: Trepper, Tobias (Hrsg.): *Agil-systemisches
Softwareprojektmanagement*.
Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 9–22.
ISBN 978-3-8349-4201-2.
DOI: [10.1007/978-3-8349-4202-9_2](https://doi.org/10.1007/978-3-8349-4202-9_2)
- Uckelmann 2014** Uckelmann, Dieter, 2014.
Wertstromorientierte Informationsflüsse für
Industrie 4.0: Kernprozesse und
Gestaltungsvariablen.
Industrie Management, **30** (6), S. 13–16
- Ulrich 1981** Ulrich, Hans, 1981.
Die Betriebswirtschaftslehre als
anwendungsorientierte Sozialwissenschaft.
In: Geist, Manfred; Köhler, Richard (Hrsg.): *Die
Führung des Betriebes*.
Stuttgart: Poeschel, S. 1–25.
ISBN 3-791-00308-9

- Ulrich 1970** Ulrich, Hans, 1970.
Die Unternehmung als produktives soziales System: Grundlagen der allgemeinen Unternehmungslehre.
2. Auflage.
Bern: Haupt.
Schriftenreihe Unternehmung und Unternehmungsführung
- Ulrich et al. 1976a** Ulrich, Peter; Hill, Wilhelm, 1976.
Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre: Teil 1.
WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium, **5** (7), S. 304–309
- Ulrich et al. 1976b** Ulrich, Peter; Hill, Wilhelm, 1976.
Wissenschaftstheoretische Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre: Teil 2.
WiSt Wirtschaftswissenschaftliches Studium, **5** (8), S. 345–350
- VDMA e.V. 2018** VDMA e.V., 2018.
Leitfaden Industrie 4.0 trifft Lean: Wertschöpfung ganzheitlich steigern.
Frankfurt am Main: VDMA Verlag.
ISBN 978-3-8163-0721-1
- VWI e.V. 2019** Verband Deutscher Wirtschaftsingenieure e.V. (Hrsg.), 2019.
Management der Industrie 4.0.
Verfügbar unter: <https://www.vwi.org/vwi-industrie-4-0-braucht-management-4-0/>
Zugriff am: 04.06.2020

- Verhagen et al. 2015** Verhagen, Wim J.C.; de Vrugt, Bastiaan; Schut, Joost; Curran, Richard, 2015. A method for identification of automation potential through modelling of engineering processes and quantification of information waste. *Advanced Engineering Informatics*, **29** (3), S. 307–321.
DOI: [10.1016/j.aei.2015.03.003](https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.03.003)
- Vogel et al. 2009** Vogel, Oliver; Arnold, Ingo; Chughtai, Arif, 2009. *Software-Architektur: Grundlagen — Konzepte — Praxis*. 2. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. ISBN 978-3-827-42267-5
- Vogel-Heuser et al. 2017** Vogel-Heuser, Birgit; Bauernhansl, Thomas; Hompel, Michael ten, 2017. *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4: Allgemeine Grundlagen*. Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-662-53253-9
- Vollmer 1999** Vollmer, Heribert, 1999. Was leistet die Komplexitätstheorie für die Praxis? *Informatik Spektrum*, **22** (5), S. 317–327.
DOI: [10.1007/s002870050161](https://doi.org/10.1007/s002870050161)
- Voß et al. 2001** Voß, Stefan; Gutenschwager, Kai, 2001. *Informationsmanagement*. Berlin, Heidelberg: Springer. ISBN 9783540678076

- Wagner et al. 2017** Wagner, Tobias; Herrmann, Christoph; Thiede, Sebastian, 2017. Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, **63**, S. 125–131. DOI: [10.1016/j.procir.2017.02.041](https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041)
- Walter 2015** Walter, Gerald, 2015. Die moderne Druckproduktion. Teil 4: Erfolgsfaktor Informationsmanagement. *Druck&Medien*, (10), S. 16–17
- Wang et al. 1996** Wang, Richard; Strong, Diane, 1996. Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. *Journal of management information systems*, **12** (4), S. 5–33
- we.CONECT 2018** we.CONECT Global Leaders GmbH (Hrsg.), 2018. *Survey Report: Digitalisierung und Vernetzung der Produktion*. Verfügbar unter: <https://www.internet-of-strategy.de/digitalisierung-und-vernetzung-der-produktion-rethink-spms-survey-report/> Zugriff am: 06.09.2019
- Weilkiens et al. 2014** Weilkiens, Tim; Soley, Richard Mark, 2014. *Systems Engineering mit SysML/UML: Anforderungen, Analyse, Architektur*. 3., überarb. und aktualisierte Auflage. Heidelberg: dpunkt-Verlag. ISBN 978-3-864-90091-4

- Wiegand 2018** Wiegand, Bodo, 2018.
Der Weg aus der Digitalisierungsfalle: Mit Lean Management erfolgreich in die Industrie 4.0.
Wiesbaden: Springer Fachmedien.
ISBN 978-3-658-16510-9
- Wiegand et al. 2004** Wiegand, Bodo; Franck, Philip, 2004.
Lean-Administration 1: So werden Geschäftsprozesse transparent.
Version 1.0.
Aachen: Lean-Management-Institut.
ISBN 3-9809521-0-X
- Wiegand et al. 2007** Wiegand, Bodo; Nutz, Katja, 2007.
Lean-Administration 2: So managen Sie Geschäftsprozesse richtig.
Version 1.0.
Aachen: Lean-Management-Institut.
ISBN 978-3-9809521-5-6
- Wilde et al. 2007** Wilde, Thomas; Hess, Thomas, 2007.
Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik.
WI Wirtschaftsinformatik, 49 (4), S. 280–287.
DOI: [10.1007/s11576-007-0064-z](https://doi.org/10.1007/s11576-007-0064-z)
- Winter 2014** Winter, Robert, 2014.
Gestaltungsorientierte Forschung in der Betriebswirtschaftslehre mit spezieller Berücksichtigung der Wirtschaftsinformatik.
In: Brenner, Walter; Hess, Thomas (Hrsg.):
Wirtschaftsinformatik in Wissenschaft und Praxis.
Berlin Heidelberg: Springer, S. 65–85.
ISBN 978-3-642-54410-1.
DOI: [10.1007/978-3-642-54411-8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-54411-8)

- Winter et al. 2010** Winter, Robert; Baskerville, Richard, 2010. Methodik der Wirtschaftsinformatik. *WI Wirtschaftsinformatik*, **52** (5), S. 257–258. DOI: [10.1007/s11576-010-0242-2](https://doi.org/10.1007/s11576-010-0242-2)
- WGP e.V. 2016** Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik WGP e. V. (Hrsg.), 2016. *WGP - Standpunkt Industrie 4.0*. Verfügbar unter: <https://wgp.de/de/wgp-standpunktpapier-fuehrt-durch-schluesselloch-zu-industrie-4-0/> Zugriff am: 04.06.2020
- WKWI 2011** Wissenschaftliche Kommission Wirtschaftsinformatik (Hrsg.), 2011. *Profil der Wirtschaftsinformatik: Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik*. Verfügbar unter: <https://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/uebergreifendes/Disziplinen%20der%20WI/Wirtschaftsinformatik/profil-der-wirtschaftsinformatik> Zugriff am: 10.06.2020
- Wölfle 2014** Wölfle, Michael, 2014. *Kontextsensitive Arbeitsassistenzsysteme zur Informationsbereitstellung in der Intralogistik*. Garching: Technische Universität München. München, Technische Universität, Diss., 2014. ISBN 978-3-941702-52-3

Womack et al. 2003

Womack, James; Jones, Daniel, 2003.
Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation.
Rev. and updated ed.
New York: Free Press.
ISBN 978-0-743-24927-0

Womack et al. 1990

Womack, James P.; Jones, Daniel T.; Roos, Daniel, 1990.
The machine that changed the world: Based on the Massachusetts Institute of Technology 5 million dollar 5 year study on the future of the automobile.
New York: Rawson.
ISBN 0-89256-350-8

Zangemeister 1976

Zangemeister, Christof, 1976.
Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen.
4. Auflage.
München: Wittmannsche Buchhandlung.
Berlin, Technische Universität, Diss., 1970

Anhang

Informationsqualitätsdimensionen

Nach Wang et al. (1996, S. 20) und Rohweder et al. (2007, S. 2) wird die Informationsqualität anhand der folgenden 15 Dimensionen beschrieben, welche einer der vier Kategorien **Inhalt**, **Darstellung**, **Nutzung** und **System** zugeordnet werden. Die Beschreibung der einzelnen Dimensionen wurde wortwörtlich von Rohweder et al. (2007) übernommen.

Inhalt (intrinsic)

1. Hohes Ansehen (reputation): Informationen sind hoch angesehen, wenn die Informationsquelle, das Transportmedium und das verarbeitenden System im Ruf einer hohen Vertrauenswürdigkeit und Kompetenz stehen.
2. Fehlerfreiheit (free of error): Informationen sind fehlerfrei, wenn sie mit der Realität übereinstimmen.
3. Objektivität (objectivity): Informationen sind objektiv, wenn sie streng sachlich und wertfrei sind.
4. Glaubwürdigkeit (believability): Informationen sind glaubwürdig, wenn Zertifikate einen hohen Qualitätsstandard ausweisen oder die Informationsgewinnung und -verbreitung mit hohem Aufwand betrieben werden.

Darstellung (representational)

5. Übersichtlichkeit (concise representation): Informationen sind übersichtlich, wenn genau die benötigten Informationen in einem passenden und leicht fassbaren Format dargestellt sind.
6. Einheitliche Darstellung (consistent representation): Informationen sind einheitlich dargestellt, wenn die Informationen fortlaufend auf dieselbe Art und Weise abgebildet werden.
7. Eindeutige Auslegbarkeit (interpretability): Informationen sind eindeutig auslegbar, wenn sie in gleicher, fachlich korrekter Art und Weise begriffen werden.
8. Verständlichkeit (understandability): Informationen sind verständlich, wenn sie unmittelbar von den Anwendern verstanden und für deren Zwecke eingesetzt werden können.

Nutzung (contextual)

9. Relevanz (relevancy): Informationen sind relevant, wenn sie für den Anwender notwendige Informationen liefern.
10. Angemessener Umfang (appropriate amount of data): Informationen sind von angemessenem Umfang, wenn die Menge der verfügbaren Information den gestellten Anforderungen genügt.
11. Vollständigkeit (completeness): Informationen sind vollständig, wenn sie nicht fehlen und zu den festgelegten Zeitpunkten in den jeweiligen Prozessschritten zur Verfügung stehen.
12. Wertschöpfung (value-added): Informationen sind wertschöpfend, wenn ihre Nutzung zu einer quantifizierbaren Steigerung einer monetären Zielfunktion führen kann.
13. Aktualität (timeliness): Informationen sind aktuell, wenn sie die tatsächliche Eigenschaft des beschriebenen Objektes zeitnah abbilden.

System (accessibility)

14. Zugänglichkeit (accessibility): Informationen sind zugänglich, wenn sie anhand einfacher Verfahren und auf direktem Weg für den Anwender abrufbar sind.
15. Bearbeitbarkeit (ease of manipulation): Informationen sind leicht bearbeitbar, wenn sie leicht zu ändern und für unterschiedliche Zwecke zu verwenden sind.

Übersicht: Verschwendung in der Informationsversorgung

Meudt et al. (2016a, S. 756 f.) gibt einen tabellarischen Überblick über Autoren, die Verschwendung in der Informationsversorgung beschrieben haben. Dieser Überblick wurde um die Beschreibungen von Meudt et al. (2016a, S. 756 f.) und Chapados (2013) erweitert und ist in den Tabellen A.1 und A.2 dargestellt.

	Beiträge, welche die klassische Verschwendung übernehmen					Beiträge, die neue Verschwendungsarten definieren				
Quelle	Dittrich 2008	Uckelmann 2014	Verhagen 2015	Altendorfer-Kaiser 2015	Hicks 2007	Chapados 2013	Magenheimer 2014	Meudt 2016a		
Transport	Keine unnötige Bewegung von Informationen oder Informationsträgern.	Überflüssige Informationsbewegung	Zeit und Ressourcen, die benötigt werden um Informationen aus mehreren Datenquellen zu extrahieren, umzuwandeln und in ein weiteres Informationssystem zu laden oder Informationen manuell, postalisch oder per E-Mail zu übermitteln	Zu viele Schrittstellen, Prozessbeteiligte	Elektronische Massenkommunikation (betrifft Informationsnutzer)	zu viele Übergaben von Informationen zwischen Personen (z.B. eine sammelt, eine analysiert, eine berichtet und eine legt Bericht ab)	-	Datenübertragung: Verschiebung von Medien- und Systemdröcken		
Bestände	Keine unnötigen Bestände an Informationen aufbauen.	Überflüssige Informationsbestände	Zeit und Ressourcen die benötigt werden, um redundante Informationen zu speichern und pflegen oder für redundante Informationsquellen verwendet werden.	Speicherung nicht relevanter Daten	Veraltete Datenbanken und Archive (betrifft Informationsnutzer)	Zu viele verfügbare oder gespeicherte Informationen (gleichzeitiges Messen von zu vielen Variablen, Aufbewahrung von Daten auch lange nach ihrer Nutzung)	Bestände (ungenutzte Informationen/ Informationsströme)	Bestände (+Warten): übermäßige Datenspeicherung führt zur Bindung von Rechen- und Speicherkapazitäten		
Bewegung	Siehe Transport	Überflüssige Tätigkeiten (manuelle Erfassung)	Zeit und Ressourcen die nötig sind um Informationen zu bewegen auf Grund von mangelnder Zusammenarbeit oder fehlendem Echtzeit-Zugriff oder zur Digitalisierung von Informationen in Papierform aufgewendet werden.	Manuelle Informationsverarbeitung	Gatekeeper/ Einzelplatzlizenzen (betrifft Informationsnutzer)	Unzureichende Sammlung und Analyse von Informationen (schlecht gestaltete Formulare, unnötige manuelle Berechnung)	Bewegung (physische Bewegung der Mitarbeiter/ Suchvorgänge/ Informationsbewegung)			
Warten	Weder muss auf eine Information gewartet werden noch soll eine Information früher als erforderlich entstehen.	Überflüssige Wartezeiten (Latenz-Datenverarbeitung)	Erhöhung der Lead-Time infolge von generierten Informationen deren Anwendung aussieht oder als Folge der Wartezeit eines Prozesses auf Informations-Input der generiert oder geteilt werden muss.	Latenzzeiten in der Informationsbereitstellung	Flussbedarf (Identifizierung der Informationselemente, die fließen müssen)	Verspätungen durch Warten auf benötigte Informationen (benötigte Person/Formulare nicht verfügbar, fehlende Werkzeuge)	Wartezeit (nicht zur Verfügung stehende Informationen)	(Bestände +) Warten: Latenzzeit im System und unverarbeitete Daten führen zu Verzögerungen ebenso wie übermäßige Datenspeicherung		

Tabelle A.1: Übersicht: Verschwendung in der Informationsversorgung Teil 1 (erweiterte Darstellung nach Meudt et al. (2016a, S. 756 f.))

	Beiträge, welche die klassische Verschwendung übernehmen			Beiträge, die neue Verschwendungsarten definieren				
Quelle	Dittrich 2008	Uckelmann 2014	Verhagen 2015	Altendorfer-Kaiser 2015	Hicks 2007	Chapados 2013	Magenheimer 2014	Meudt 2016a
Überproduktion	Nicht benötigte Informationen sollen nicht erstellt werden.	Überflüssige Informationsfassung (Datenflut)	Zeit und Ressourcen die benötigt werden um überflüssige Informationen zu generieren oder um einen unnötig hohen Detaillierungsgrad oder eine unnötig hohe Genauigkeit zu erreichen.	Erhebung nicht relevanter Daten	Übermäßiger Fluss (Informationsflut)	Sammeln/ Produzieren von zu vielen Informationen (zu oft und zu viele Messungen schreiben von zu vielen Gutachten/ Protokollen)	Blindleistung (Überinformation und Überbearbeitung)	Datenauswahl: auf den Informationszweck angepasste Auswahl der zu erfassenden Daten Datenerfassung: Automatisierungsgrad der Datenerfassung
Bearbeitung	Erfassen, Speicherung von Informationen sowie die Entscheidungsfindung sollen möglichst effizient und damit kostengünstig gestaltet sein.	Überflüssige Verarbeitung (unnötige Analysen)	Zeit und Ressourcen die benötigt werden um Informationen in das gewünschte Format umzuwandeln oder um Workarounds zu erarbeiten, wenn benötigte Informationen nicht zur Verfügung stehen.	Mangelnde Informationsnutzung	Fehlerhafter Bedarf (fehlende Informationen)	Zu viele (unnötig aufwendige oder unbrauchbare) Analysen (Dateninterpretation durch ungeeignete Person, zu viele Beteiligte, unklarer Prozess, übermäßiger Zeitaufwand für die Analyse von Daten, fehlender Zeitplan)	Datenanalyse: Bezieht sich auf das Auslassen von Datenanalysen	
Dekrete	Informationen sollen plausibel, fehlerfrei und vollständig sein.	Korrekturen/ Fehler bei der Informationsbereitstellung	Zeit und Ressourcen die benötigt werden um zur Verfügung gestellte Informationen zu verifizieren und Korrigieren oder fehlende Informationen zu suchen.	Fehlende Daten/ fehlerhafte Daten	Fluss (Korrektur oder Verifizierung von Informationen)	Fehlerhafter Fluss (falsche, ungenaue oder unvollständige Informationen (falsche Datenanalyse, falsch verstehen und verwenden)	Fehler (Rückfragen, fehlerhafte Informationen)	Datenqualität: notwendige Anforderungen an Datenqualität ist erfüllt
weitere						freie, ungenutzte Arbeitskräfte, die nicht an der Erstellung oder Verwendung der Informationen beteiligt sind)	Schnittstellen (zwischen Prozessschritten/ Ressourcen); Ressourceneinsatz (Einsatz von Maschinen/ Mitarbeitern)	Transport/Bewegung + Suchen; manuelle Tätigkeiten, die aufgrund ineffizienter Informationsprozesse nötig werden Entscheidungsunterstützung: Daten werden so aufbereitet, dass Personen direkte Handlungsempfehlungen angezeigt bekommen

Tabelle A.2: Übersicht: Verschwendung in der Informationsversorgung Teil 2 (erweiterte Darstellung nach Meudt et al. (2016a, S. 756 f.))

Lean IT-Management

Nach Müller et al. (2011, S. 72 ff.) fallen in den Bereich des Lean IT-Managements alle direkten und indirekten Prozesse, die im IT-Management notwendig sind, um eine Kundenanfrage zu bearbeiten. Diese Teilprozesse sind in Abbildung A.1 dargestellt. Sie bilden einen „End-to-End“-Prozess, der vom Kunden angestoßen wird und durch den Einsatz des IT-Produkts beim Kunden endet.

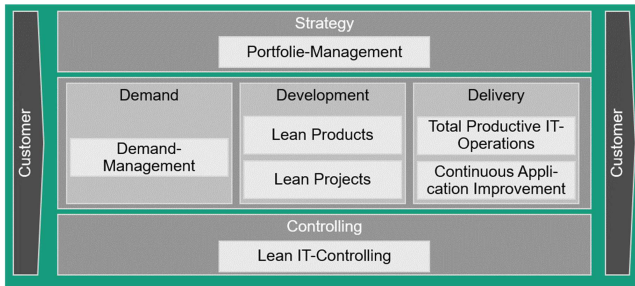


Abbildung A.1: Prozesse im IT-Management (Müller et al. 2011, S. 73)

Um die Ansätze der Lean Production leichter auf diese Prozesse übertragen zu können, entwickelten Müller et al. (2010, S. 74 ff.) ein Framework zur Orientierung. Dieses ist als Lean IT Haus in Abbildung A.2 dargestellt. Das Fundament des Hauses besteht aus den drei Elementen *Optimierte Gestaltung der Arbeitsplätze durch 5S/5A Methode*, *Visuelles Management* und *Kundenorientierung statt Technologiefokus*.

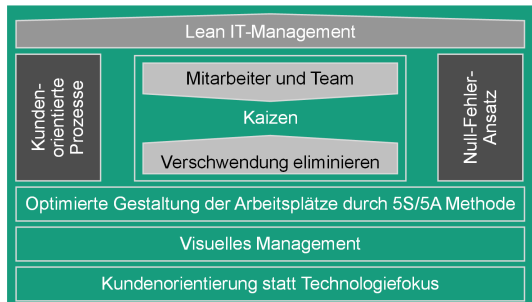


Abbildung A.2: Das Lean IT Haus (verkürzte Darstellung nach Müller et al. (2010, S. 76))

Diese Elemente werden von Müller et al. als fundamentale Leitlinien oder Management-Prinzipien des Lean IT-Managements bezeichnet. Die zwei tragenden Säulen entsprechen den Prinzipien *kundenorientierte Prozesse* und *Null-Fehler-Ansatz*. Den Kern des Hauses bilden die Lean-Elemente *Mitarbeiter- und Teamorientierung* sowie *Eliminierung von Verschwendung*.

Kategorien informationslogistischer Prozesse

In Abbildung A.3 ist das Ergebnis der induktiven Kategorienbildung dargestellt. Es werden fünf Kategorien informationslogistischer Prozesse ausgewiesen, die Informationsquelle, die Informationssenke, der Informationstransport, die Informationsarchivierung und die Informationswandlung. Pro Spalte werden die von der jeweiligen Literaturquelle genannten Operationen und deren Kategorisierung abgebildet. Des Weiteren wird der Autor und der thematische Schwerpunkt der Arbeit dargestellt.

Operationen in einem Informationssystem											
Informationsquelle	Beschaffung	Schwerfart (Produzieren) Identifizieren	Erfassung (capturing)	Sammlung	Generierung Sammlung	Akquisition (acquisition)	Sammlung	Erfassung			
Informationssenke		Verarbeiten (Konsumieren)	Darstellung (repräsentation) Visualisierung (visualisation) Abzug (extract)	Bereitstellung Nutzung		Visualisierung (visualisation)	Bereitstellung Nutzung	Nutzung			
Informationstransport	Weitergabe	Transportieren, Übertragen	Austausch (exchange)	Kommunikation	Transportieren		Kommunikation	Transport			
Informationsarchivierung	Speicherung	Warten Speichern, Pflegen	Charakterisierung (organisation)	Strukturierung	Speichern		Speicherung Erschöpfungs- Löschung	Speicherung Strukturierung			
Informationswandlung	Transformation	Aufarbeiten Sortieren, Verteilen Bearbeiten Sammeln, Konzentrieren		Verarbeitung	Wandeln		Verarbeiten Veränderung Veränderung	Verarbeitung Transformation			
	Najda (2001) IKT in der Unternehmensberatung	Arnold (2009) Handbuch Logistik	Hicks (2007) Identifikation von Verschwendung im IM	WKMI (2011) Profil und Gegenstände des Informationsmarkt	Ropohl (2012) Allgemeine Systemtheorie Informationslehre	Alteisdorfer-Kaiser (2015) Identifikation von Informationsarten	Moilanen (2015) Gestaltung einer Big Data Architecture	Komar (2015) Informationsmanagement	Hartmann (2018) Erweitertes Weltmodell		

Abbildung A.3: Kategorien informationslogistischer Prozesse

10-Punkte Plan zur Identifikation von Optimierungspotentialen

Anhand des folgenden 10-Punkte Plans identifizieren Wiegand et al. (2007, S. 27 ff.) Optimierungspunkte für Geschäftsprozesse in indirekten Bereichen:

1. Werte ohne Verschwendung schaffen
2. Schnittstellen reduzieren und definieren
3. Rückfragen und Nacharbeit minimieren
4. Engpässe beseitigen
5. Genehmigungsschleifen kürzen
6. Informationsbedarf bestimmen
7. Neuralgische Punkte im Ablauf identifizieren
8. Parallele Bearbeitung ermöglichen
9. Bedarfsgesteuerte Prozesse etablieren
10. Leistungserstellungsprozess glätten

Leitsätze zur Vermeidung informationslogistischer Verschwendungsarten

In Abbildung A.4 sind die von der VDMA e.V. (2018, S. 21) vorgestellten Leitsätze zur Vermeidung der einzelnen informationslogistischen Verschwendungsarten dargestellt.

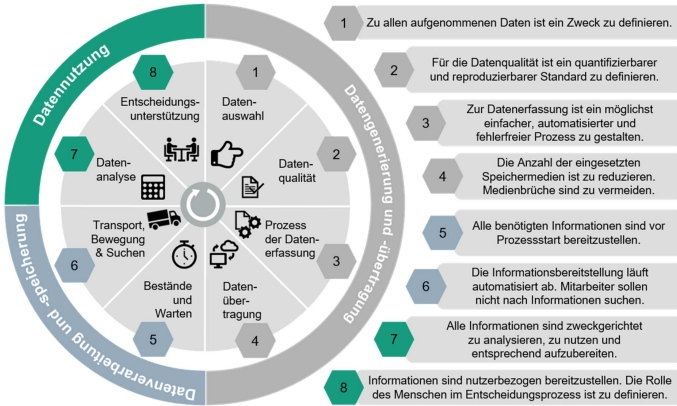


Abbildung A.4: Leitsätze zur Vermeidung informationslogistischer Verschwendungsarten nach VDMA e.V. (2018, S. 21 ff.)

Übersicht über alle Anforderungen an die Gesamtlösung

In Abbildung A.3 sind die strukturierten Anforderungen an die Lösung der Arbeit dargestellt. Des Weiteren ist in der Abbildung vermerkt, in welcher Form die Anforderungen bei der Evaluation in Kapitel 7 überprüft werden. Bei den hellblau markierten Anforderungen handelt es sich um formale und somit verifizierbare Anforderungen. Die inhaltlichen Anforderungen sind dunkelblau markierten und werden im Rahmen von zwei Fallstudien validiert.

	Anforderungen aus dem Anwendungszusammenhang	Spezifizierte Anforderungen	
Z1	Das Zielsystem soll Produktionsmitarbeiter unabhängig von ihrer Aufgabe bedarfsorientiert mit Informationen versorgen.	Das Zielsystem soll Produktionsmitarbeiter unabhängig von ihrer Aufgabe mit der richtigen Information in der richtigen Form zur richtigen Zeit am richtigen Ort versorgen (4R).	Val
Z2	Die Informationsversorgung der Produktionsmitarbeiter soll schlank sein.	Die Informationsversorgung der Produktionsmitarbeiter soll schlank im Sinne der Sollvorstellung sein.	Val
A3	Die Lösung soll die Zusammenarbeit von Mitarbeitern der IT- und der Produktionsabteilung unterstützen.	Die Lösung soll eine konzeptionelle Sicht auf das gestaltete Informationssystem ermöglichen und die Zusammenarbeit von Informatik- und Betriebsingenieuren unterstützen.	Val
A4	Die Lösung soll unabhängig vom Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad in der betrachteten Produktion anwendbar sein.	Die Lösung soll unabhängig vom Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad in der betrachteten Produktion anwendbar sein. Daher soll das technisch Machbare schon bei der Konzeptionierung überprüft werden können. Das System soll mit wenig Aufwand in ein technisches Konzept überführt werden können.	Val
T5	Die Lösung soll Verschwendung und das Auftreten von Verschwendung in der Informationsversorgung erklären.	Jede Nichterfüllung einer logistischen Anforderung (4R) kann mindestens einer Verschwendungsart zugeordnet werden.	Val
D6.1	Informationssysteme für Produktionsmitarbeiter sollen vollständig modellierbar sein.	Jede eine Information verändernde informationslogistische Prozesskette soll abgebildet werden können.	Val
D6.2		Die Steuerung relevanter Informationsflüsse soll modelliert werden können.	Val
D-f1		Im Strukturiagramm sollen alle informationslogistischen Elementarprozesse modelliert sein, welche für die Gestaltung eines vollständigen und bedarfsgerechten (4R) Informationslogistiksystems notwendig sind.	Ver
D-f2		Die Prozesse sollen mit Hilfe von Attributen generisch beschrieben sein. Die definierten Verschwendungsarten sollen anhand dieser Attribute im Verhaltensdiagramm transparent gemacht werden können.	Ver
D-f3		Das Strukturiagramm soll die aus der Literatur bekannten, relevanten Informationsflüssen sowie zulässige Verknüpfungen berücksichtigen.	Ver
P7	Die Darstellung des Verhaltensmodells soll Betriebs- und Informatikingenieuren Transparenz über das instanziierte Informationssystem ermöglichen.	Die Darstellung des Verhaltensmodells soll Betriebs- und Informatikingenieuren Transparenz über Struktur und Funktionsweise des instanziierten Informationssystems ermöglichen.	Val
P8	Die Handlungsanleitung soll die Gestaltung eines schlanken und bedarfsorientierten Informationssystems erlauben und Gestaltungsentscheidungen der beteiligten Systemgestalter in diesem Sinne (zielorientiert) unterstützen.	Die Gestaltungsmethode soll sich an der vorgegebenen Idealvorstellung eines informationslogistiksystems orientieren und so Gestaltungsentscheidungen der beteiligten Systemgestalter in diesem Sinne (zielorientiert) unterstützen.	Val
P9	Die Wertstrommethode und die zu gestaltende Lösung sollen kompatibel sein.	Die Gestaltungsmethode soll als Erweiterung der Wertstrommethode einsetzbar sein. Beide Methoden sollen in ihrer Darstellung und Vorgehensweise zusammen passen.	Val

Tabelle A.3: Anforderungen an die zu entwickelnde Lösung

