Marcel Schneider

Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen

Specification technique for description and analysis of value networks

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen National-bibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

Band 386 der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

© Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn – Paderborn – 2018

ISSN (Print): 2195-5239
ISSN (Online): 2365-4422
ISBN: 978-3-947647-05-7

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Herausgeber und des Verfassers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Als elektronische Version frei verfügbar über die Digitalen Sammlungen der Universitätsbibliothek Paderborn

Satz und Gestaltung: Marcel Schneider

Hersteller: readbox unipress in der readbox publishing GmbH
Münster

Printed in Germany

Geleitwort

Systems Engineering für den Entwurf Intelligenter Technischer Systeme ist die verbindende Leitidee des Heinz Nixdorf Instituts und des damit verbundenen Fraunhofer-Instituts für Entwurfstechnik Mechatronik IEM. Unser generelles Ziel ist die Steigerung der Innovationskraft von Industrieunternehmen. Zentrale Schwerpunkte der Arbeiten an den beiden Instituten sind die Strategische Planung und das Systems Engineering.

Im Zeitalter der Digitalisierung und des Internets der Daten, Dienste und Dinge wandeln sich viele Produkte zu smarten oder vernetzten Produkten, die gleichermaßen in der physischen und der digitalen Welt interagieren. Dies eröffnet für produzierende Unternehmen völlig neue Geschäftspotentiale, beispielsweise durch datenbasierte Dienstleistungen. Aus diesem Grund forcieren viele Unternehmen eine Transformation von einem reinen Produzenten hin zu einem produzierenden Dienstleister. Diese Transformation stellt die Unternehmen vor Herausforderungen wie die Umsetzung neuartiger Geschäftsmodelle, den Aufbau von Kompetenzen jenseits bekannter Kernbereiche und die Etablierung neuer Formen der Aufbau- und Prozessorganisation; demgegenüber stehen häufig historisch gewachsene Wertschöpfungssysteme der Unternehmen, die nicht für eine derartige Leistungserbringung ausgelegt sind.

Vor diesem Hintergrund hat Herr Schneider eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen entwickelt. Die Spezifikationstechnik versetzt Unternehmen des produzierenden Gewerbes in die Lage, ihr Geschäft und Wertschöpfungssystem integrativ zu planen. Im Kern besteht die Spezifikationstechnik aus einer Modellierungssprache, die eine prägnante, graphische Modellierung eines Wertschöpfungssystems erlaubt und sich als Instrument zur integrativen Planung von Geschäft und Wertschöpfungssystem eignet. Hierfür werden ein eingängiges Sprachkonzept sowie ein vernetztes System aus Partialmodellen bereitgestellt. Ein bedarfsgerechtes Vorgehensmodell und geeignete Werkzeuge unterstützen bei der interdisziplinären Zusammenarbeit, effizienten Modellerstellung sowie situationsspezifischen Anwendung. Die Spezifikationstechnik wurde in mehreren anspruchsvollen Industrieprojekten validiert, unteranderem in der Hausgeräteindustrie sowie dem Maschinen- und Anlagenbau.

Mit seiner Arbeit hat Herr Schneider einen bedeutenden, hochinnovativen Beitrag zur Umsetzung des Konzepts Industrie 4.0 geleistet. Die Spezifikationstechnik zeichnet sich unter anderem durch ihre hohe Praxisrelevanz aus und ist ein weiterer wichtiger Baustein für unsere Paderborner Schule des Entwurfs Intelligenter Technischer Systeme.

Paderborn, im Oktober 2018

Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier Prof. Dr.-Ing. R. Dumitrescu

Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen

zur Erlangung des akademischen Grades
DOKTOR DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)
der Fakultät für Maschinenbau
der Universität Paderborn

genehmigte
DISSERTATION

von
Dipl.-Wirt.-Ing. Marcel Schneider
aus Paderborn

Tag des Kolloquiums:	18. Oktober 2018
Referent:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier
Korreferent:	Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe Strategische Produktplanung und Systems Engineering am Heinz Nixdorf Institut (HNI) sowie am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM in dem Forschungsbereich Produktentstehung. Sie ist das Ergebnis meiner wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier für die hervorragende Möglichkeit der persönlichen und fachlichen Weiterentwicklung, das entgegengebrachte Vertrauen und die übertragene Verantwortung. Sie und das von Ihnen geschaffenen Umfeld haben mich in den letzten Jahren maßgeblich geprägt!

Ausdrücklich bedanken möchte ich mich bei Herrn Professor Dr.-Ing. Roman Dumitrescu; nicht nur für die Übernahme des Korreferats, sondern vielmehr für die außerordentliche und vertrauensvolle Zusammenarbeit in den vergangenen Jahren. Du hast vor gut fünf Jahren maßgeblich zu meiner beruflichen Weichenstellung beigetragen.

Danke an alle aktiven und ehemaligen Kolleginnen und Kollegen der Fachgruppe sowie des Fraunhofer-Instituts für die fantastische Zusammenarbeit und die außergewöhnliche Kultur, die mich jederzeit motiviert hat. Ein besonderes Dankeschön möchte ich an dieser Stelle Dr.-Ing. Peter Iwanek, Dr.-Ing. Arno Kühn und Tobias Mittag aussprechen: Ich danke euch für die gemeinsame Zeit mit unvergesslichen Momenten!
In besonderer Erinnerung bleiben alle Studierenden, die als studentische Hilfskräfte, in Projektseminaren oder durch ihre studentischen Arbeiten tatkräftig mitgewirkt und mich begleitet haben: Danke! Hervorheben möchte ich Jannik Reinhold, der mich mehr als drei Jahre lang unermüdlich und jederzeit unterstützt hat. Ein extra Dankeschön auch an Alexandra Dutschke und Sabine Illigen: Ohne euch wären Fürstenallee und Zukunftsmeile nicht dasselbe.

Mein allergrößter Dank gebührt meiner Familie. In erster Linie sind das meine Eltern Ilona und Siegfried (†2005) sowie meine Schwester Janine: Ich danke euch von ganzem Herzen für euren persönlichen Einsatz, grenzlosen Optimismus, immerwährenden Rückhalt und so viel mehr! Am wichtigsten ist jedoch meine Freundin Sarah. Meine wahrhaftige Dankbarkeit für dich lässt sich nur schwer mit Worten ausdrücken – Danke für alles!

Paderborn, im Oktober 2018 Marcel Schneider

Liste der veröffentlichten Teilergebnisse

[BWS+16] BRANDIS, R.; WANZEK, A.-L.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.: Integration additiver Fertigungstechnologien in die Produktentstehung. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 111(11), 2016, S. 718–722

[DGK+15] DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; KÜHN, A.; LUCKEY, M.; PLASS, C.; SCHNEIDER, M.; WESTERMANN, T.: Erfolgsfaktor Referenzarchitektur. In: it‘s OWL Clustermanagement GmbH (Hrsg.): Auf dem Weg zu Industrie 4.0, Paderborn, 2015

[EGK+16] ECHTERHOFF, B.; GAUSEMEIER, J.; KOLDEWEY, C.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; SEIF, H.: Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – Digitalisierung als große Chance für zukünftigen Unternehmenserfolg. In: Kraft, P.; Jung, H.H. (Hrsg.): Digital vernetzt. Transformation der Wertschöpfung. Hanser, München, 2016

[GWE+17] GAUSEMEIER, J.; WIESEKE, J.; ECHTERHOFF, B.; KOLDEWEY, C.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; ISENBERG, L.: Mit Industrie 4.0 zum Unternehmenserfolg – Integrative Planung von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungssystemen. Heinz Nixdorf Institut, Paderborn, 2017

[KDG+16a] KAGE, M.; DREWEL, M.; GAUSEMEIER, J.; SCHNEIDER, M.: Value Network Design for Innovations – Developing Alternative Value Network Drafts. Technology Innovation Management Review, 6(7), 2016, S. 21–33

[KDG+16b] KAGE, M.; DREWEL, M.; GAUSEMEIER, J.; SCHNEIDER, M.: Value Network Design for Innovations. In: International Society for Professional Innovation Management (ISPIM) (Hrsg.): Proceedings of the 5th ISPIM Innovation Forum, 13. – 16. März 2016, Boston, 2016

[KSG17] KAGE, M.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, P.: Positionierung in technologie-induzierten Wertschöpfungsnetzwerken am Beispiel der Additiven Fertigung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 13. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 23. – 24. November 2017, Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 374, Paderborn, 2017

[MSG+17] MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.; RABE, M.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Auswirkungen von Smart Services auf bestehende Wertschöpfungssysteme. In: Bodden, E.; Dressler, F.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Meyer auf der Heide, F.; Scheytt, C.; Trächtler, A. (Hrsg.): Wissenschaftsforum Intelligente Technische Systeme (WInTeSys) 2017, 11. – 12. Mai 2017, Paderborn. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 369, Paderborn, 2017

[MSG16] MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.: Business Model Based Configuration of Value Creation Networks. In: International Association for Management of Technology (IAMOT) (Hrsg.): 25th International Association for Management of Technology Conference Proceedings, 15. – 19. Mai 2016, Orlando, 2016

[RDG+17] RABE, M.; DUMISTRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; KÜHN, A.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.: Impact of Smart Services to Current Value Networks. In: Society of Mechanical Engineering Liveliness (SOMEL) (Hrsg.): 5th International Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME) Proceedings. 16. – 18. August 2017, Krabi, 2017

[SDG+17] SCHNEIDER, M.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; REINHOLD, J.: Design of Future Value Networks. In: Bitran, I.; Conn, S.; Huizingh, K.; Kokshagina, O.; Torkkeli, M.; Tynnhammar, M. (Hrsg.): Proceedings of the ISPIM Innovation Summit 2017. 10. – 13. December 2017, Melbourne, 2017

[SMG16] SCHNEIDER, M.; MITTAG, T.; GAUSEMEIER, J.: Modeling Language for Value Networks. In: International Association for Management of Technology (IAMOT) (Hrsg.): 25th International Association for Management of Technology Conference Proceedings, 15. – 19. Mai 2016, Orlando, 2016

[SMG17] SCHNEIDER, M.; MITTAG, T.; GAUSEMEIER, J.: Value Creation Design: Modeling of Value Networks. Journal of Strategic Innovation and Sustainability, 12(1), 2017, S. 111–125

Zusammenfassung

Viele Unternehmen durchleben gegenwärtig den Wandel von einem reinen Produzenten hin zu einem produzierenden Dienstleister. Im Zuge der digitalen Transformation forcieren sie insbesondere die Entwicklung datenbasierter Dienstleistungen, die Interaktion auf digitalen Plattformen sowie die Umsetzung neuartiger Geschäftsmodelle. Oftmals sind die Wertschöpfungssysteme dieser Unternehmen historisch gewachsenen und nicht dafür ausgelegt – eine Neuausrichtung ist unausweichlich. Sie stehen daher vor der Frage, wie sie ihr Wertschöpfungssystem planen und die unternehmerischen Abläufe und Strukturen effizient gestalten können.

Ziel dieser Arbeit ist eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Im Kern besteht sie aus einer Modellierungssprache, welche eine prägnante, graphische Modellierung eines Wertschöpfungssystems ermöglicht und sich als Instrument zur anschaulichen Analyse und integrativen Planung von Geschäftsmodell und Wertschöpfungssystem eignet. Hierfür werden ein eingängiges Sprachkonzept und ein vernetztes System aus Partialmodellen bereitgestellt. Ein bedarfsgerechtes Vorgehensmodell und geeignete Werkzeuge unterstützen bei der interdisziplinären Zusammenarbeit, effizienten Modellerstellung sowie situationsspezifischen Anwendung. Vier Anwendungsfälle aus der Praxis demonstrieren den Einsatz der Spezifikationstechnik.

Summary

Many companies are currently experiencing the transition from manufacturer to manufacturing service provider. In the context of digital transformation, they are accelerating the development of data-based services, interaction on digital platforms and the implementation of new business models. Often the value networks of these historically evolved companies are not suitable – a reorientation is inevitable. Therefore, they are facing the question of how to plan their value network strategically and how to design their business processes and structures efficiently.

The aim of this thesis is a specification technique for the description and analyses of value networks. Basically, it consists of a modeling language that enables a concise graphical description of value networks and is suitable as an instrument for descriptive analyses and integrative planning of business models and value networks. For this, a demand-oriented procedure model and suitable tool support interdisciplinary cooperation, efficient modeling and situation-specific application. Four practical cases demonstrate the use of the specification technique.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Einleitung 5
1.1 Problematik 5
1.2 Zielsetzung 8
1.3 Vorgehensweise 8

2 Problemanalyse 11
2.1 Begriffsbestimmung und Einordnung der Arbeit 11
2.1.1 Spezifikationstechnik 11
2.1.2 Produkt, Dienstleistung und hybride Leistungsbündel 12
2.1.3 Wertschöpfungssystem, Systemstruktur und Systemdenken 14
2.1.4 Modell, Modellbildung und Modellierungssprache 17
2.2 Wandel der industriellen Wertschöpfung 20
2.2.1 Veränderung der Marktleistung produzierender Unternehmen 20
2.2.2 Veränderung der Leistungserstellung 23
2.3 Referenzmodell der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER 28
2.4 Planung der industriellen Wertschöpfung 31
2.4.1 Aufbau von Wertschöpfungssystemen 31
2.4.2 Planung von Wertschöpfungssystemen 35
2.5 Einordnung in die Theorie des Systems Engineering 37
2.5.1 Systems Engineering-Konzept nach HABERFELLNER ET AL. 38
2.5.2 Model-Based Systems Engineering 39
2.5.3 5-Ebenen-Modell nach HITCHINS 43
2.6 Problemabgrenzung 44
2.7 Anforderungen an eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen 48

3 Stand der Technik 51
3.1 Planung von Wertschöpfungssystemen 51
3.1.1 Integrierte Planungsmethodik nach FLEISCHER ET AL. 51
3.1.2 Konfiguration von Wertschöpfungssystemen nach MIROSCHEDJI 54
3.1.3 Perspektiven dynamischer Unternehmen nach WEINER ET AL. 56
3.2 Modellierung von Wertschöpfungssystemen 58
3.2.1 Visualisierungsansatz nach DEELMANN/LOOS 58
3.2.2 Value Delivery Modeling Language (VDML) 60

3.2.3 Modellbasierter Entwicklungsauftrag nach ECHTERHOFF 62
3.3 Analyse von Wertschöpfungssystemen 64
3.3.1 Wertschöpfungsorientierte Organisation nach BACH ET AL. 64
3.3.2 Value Stream Mapping nach ERLACH 66
3.3.3 Klassische Wertkette nach PORTER als Analysewerkzeug..... 69
3.4 Domänenspezifische Ansätze 71
3.4.1 Geschäftsplanung..... 71
3.4.1.1 Geschäftsmodellentwicklung nach KÖSTER 71
3.4.1.2 Interaktionsmodell nach WIRTZ 75
3.4.1.3 Geschäftsmodellframework nach WEINER ET AL. 76
3.4.2 Produktionssystemplanung..... 79
3.4.2.1 System kohärenter Partialmodelle zur Beschreibung der Produktionssystemspezifikation 79
3.4.2.2 Modellierung der Produktion nach WIENDAHL ET AL.... 81
3.4.2.3 Aachener PPS-Modell 83
3.4.3 Logistikplanung..... 85
3.4.3.1 SCOR-Modell 85
3.4.3.2 SCM-Referenz- und Aufgabenmodell..... 88
3.4.3.3 IMP-Interaktionsmodell..... 89
3.4.4 Dienstleistungsplanung 91
3.4.4.1 Service Systems Engineerings nach KLEIN..... 91
3.4.4.2 Integriertes Rahmenkonzept zum ganzheitlichen Design von Dienstleistungen nach SCHEER ET AL. 93
3.4.4.3 Service Blueprinting..... 95
3.4.5 Informationssystemplanung..... 97
3.4.5.1 Strategic Alignment Model nach HENDERSON ET AL.... 97
3.4.5.2 Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme nach DIETRICH..... 100
3.4.5.3 Framework for Information Systems Architecture nach ZACHMAN 101
3.5 Domänenübergreifende Ansätze 103
3.5.1.1 Systems Modeling Language (SysML) 103
3.5.1.2 Business Process Model and Notation (BPMN) 105
3.5.1.3 Objektorientierte Methode zur Geschäfts-prozessmodellierung und -analyse (OMEGA) 107
3.6 Handlungsbedarf 109

4 Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen 113
4.1 Die Spezifikationstechnik im Überblick 113
4.2 Modellierungssprache 118

4.2.1 Grundlegendes Sprachkonzept ... 118
4.2.1.1 Grundkonstrukte ... 120
4.2.1.2 Beziehungen ... 121
4.2.1.3 Zusatzkonstrukte ... 123
4.2.1.4 Verweise ... 125
4.2.1.5 Zuordnung der Konstrukte ... 126
4.2.2 Partialmodelle zur Beschreibung des Wertschöpfungssystems ... 127
4.2.2.1 Geschäftsmodell ... 128
4.2.2.2 Anforderungen ... 130
4.2.2.3 Aktivitäten ... 131
4.2.2.4 Ressourcen ... 133
4.2.2.5 Aufbauorganisation ... 134
4.2.2.6 Interaktionsmodell ... 135
4.2.2.7 Ablauforganisation ... 136
4.2.3 Spezifikation der Vernetzung von Partialmodellen ... 138
4.2.4 Bildung spezifischer Sichten ... 139
4.3 Werkzeugunterstützung ... 141
4.3.1 Kartenset für Workshops ... 141
4.3.2 Softwarelösung ... 142
4.4 Vorgehensmodell ... 144
4.4.1 Arbeiten mit den Partialmodellen ... 144
4.4.2 Vorgehensmodell zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen ... 145

5 Anwendung und Bewertung ... 151
5.1 Geschäftsmodellgetriebene Anwendung ... 152
5.2 Weitere Anwendungen ... 164
5.2.1 Kompetenzgetriebene Anwendung ... 164
5.2.2 Kooperationsgetriebene Anwendung ... 165
5.2.3 Prozessgetriebene Anwendung ... 167
5.3 Kritische Bewertung ... 169
5.3.1 Erfahrungen aus der praktischen Anwendung ... 169
5.3.2 Bewertung der Spezifikationstechnik anhand der Anforderungen ... 170

6 Zusammenfassung und Ausblick ... 175

7 Abkürzungsverzeichnis ... 179

8 Literaturverzeichnis ... 181

Anhang

A1 Ergänzungen zur Spezifikationstechnik A-1
A1.1 Leitlinie mit Hauptmerkmalliste A-1
A1.2 Einführung in das Technologiefeld additive Fertigung A-2
A1.3 Kompetenzgetriebene Anwendung A-4
A1.4 Kooperationsgetriebene Anwendung A-5
A1.5 Prozessgeriebene Anwendung A-6

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen der anwendungsorientierten Forschung am Heinz Nixdorf Institut und dem Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM entstanden. Die Ergebnisse resultieren aus verschiedenen Forschungs- und Industrieprojekten. Stellvertretend sei an dieser Stelle das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Verbundprojekt „GEMINI – Geschäftsmodelle für Industrie 4.0“ genannt, welches im Rahmen des Technologieprogramms „Autonomik für Industrie 4.0 – Produktion, Produkte, Dienste im multidimensionalen Internet der Zukunft“ in den Jahren 2014 bis 2017 durchgeführt wurde. Ziel des Projekts ist ein Instrumentarium, das es Unternehmen ermöglicht, Geschäftsmodelle und zugehörige Wertschöpfungssysteme im Kontext der Digitalisierung der industriellen Produktion effizient zu gestalten. Die Arbeit baut auf diesem Instrumentarium auf und beschreibt eine *Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen*. Die Anwendung der Spezifikationstechnik erfolgte im Rahmen des GEMINI-Projekts, ergänzender Verbundprojekte des genannten Technologieprogramms sowie weiterer Industrieprojekte.

In den Abschnitten 1.1 und 1.2 werden Problematik und Zielsetzung der vorliegenden Arbeit dargestellt. Abschnitt 1.3 gibt einen Überblick über den Aufbau dieser Arbeit.

1.1 Problematik

Vor über 110 Jahren führte Henry Ford die industrielle Massenproduktion am Fließband ein, wodurch das Automobil für einen Großteil der Bevölkerung bezahlbar wurde. Diese Kostenreduktion lag jedoch nicht allein an der perfektionierten Fließbandfertigung, sondern vielmehr an einer durchrationalisierten Wertschöpfungskette – vom Rohstoffeinkauf bis zur Fahrzeugauslieferung [Nic13-ol]. Heutzutage forcieren Unternehmen des produzierenden Gewerbes vielfach den Wandel von einem reinen Produzenten zu einem produzierenden Dienstleister, um sich in der ununterbrochen voranschreitenden **digitalen Transformation** vorteilhaft im Wettbewerb zu positionieren. Dabei stehen insbesondere **datenbasierte Dienstleistungen** im Fokus; bisherige Differenzierungsmerkmale wie Qualitäts- oder Technologieführerschaft gleichen sich immer mehr an [AM14, S. 70], [Sch16, S. 28ff.], [LG14, S. 250], [AC10, S. 1]. In einer digitalisierten Welt verschmelzen Sachprodukt und Dienstleistung zukünftig immer stärker zu integrierten, von Beginn an aufeinander abgestimmte Systeme von Systemen [SD06, S. 464], [SGK06, S. 26], [HUB16, S. 5f.], [EFF+14, S. 229ff.] (siehe Bild 1-1). Dies birgt für Unternehmen die Gefahr völlig neuartiger Wertschöpfungssysteme durch Intermediäre, die mit einem Plattformansatz die Kundenschnittstelle besetzen [EPR17, S. 7ff.]. Produzierende Unternehmen mit einem höheren Dienstleistungsanteil verzeichnen höhere Umsatzrenditen [Mün13, S. 165ff.].

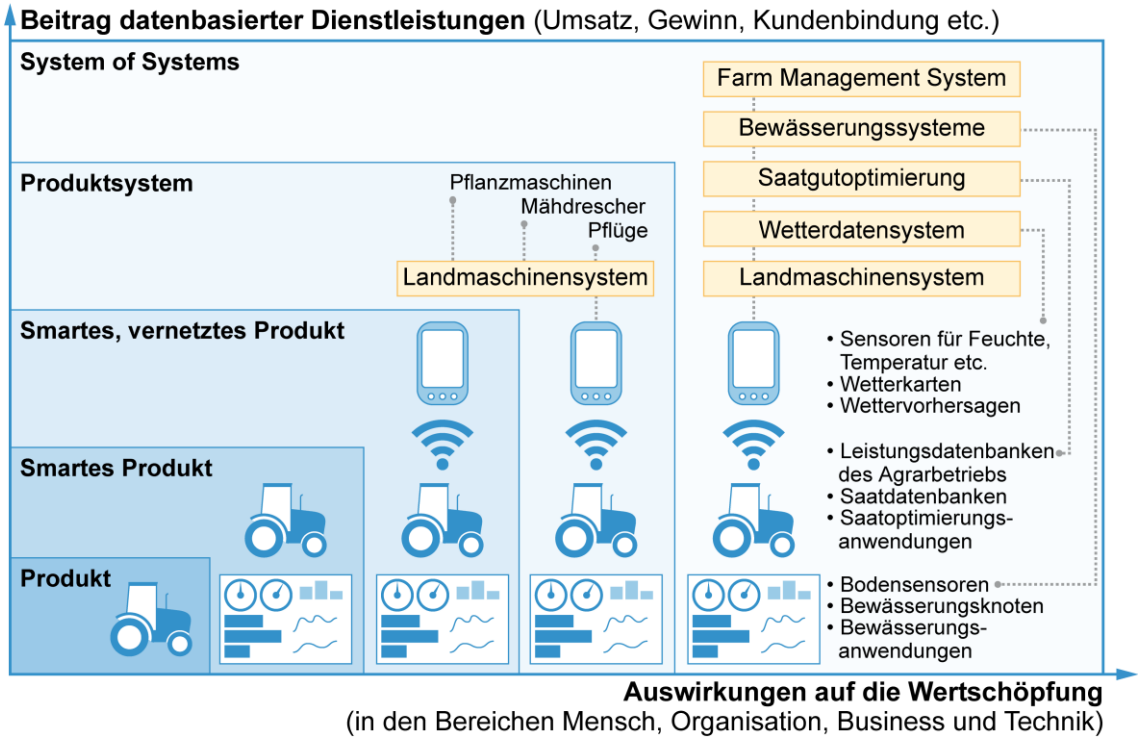

Bild 1-1: Entwicklung eines klassischen Produkts zu einem System of Systems in Anlehnung an [PH14, S. 12f.], [DGK+17, S. 58], [SFG04, S. 17]

Die erforderlichen **Wertschöpfungssysteme** unterscheiden sich mitunter grundlegend in der Art und Weise, wie Marktleistungen entstehen, produziert und vertrieben werden. Dadurch bahnt sich für viele Unternehmen ein **grundlegender Wandel** in der Natur ihrer Wertschöpfung an [HUB16, S. 1], [SFG04, S. 17f.], [SD06, S. 464] [XI14, S. 3969]. So setzen datenbasierte Dienstleistungen beispielsweise neue Strategien und Geschäftsmodelle (z. B. Pay per Use), neue Prozesse (z. B. Datenauswertung), neue unternehmensübergreifende Strukturen (z. B. strategische Partnerschaften), neue Kompetenzprofile (z. B. Data Analytics), neue bzw. modifizierte technische Systeme (z. B. intelligente Maschinen und Anlagen) sowie neue digitale Systeme (z. B. digitale Plattformen) voraus [PH15, S. 1ff.], [Iit17, S. 5ff.]. Unternehmen müssen diese **Auswirkungen** auf ihre **Wertschöpfung** frühzeitig erkennen und adäquat darauf reagieren [EPR17, S. 7ff.]. Es bedarf einer strategischen Neuausrichtung nicht nur unternehmerischer Abläufe und Organisationsstrukturen, sondern der gesamten Leistungserstellung über Unternehmensgrenzen hinweg [GJS16, S. 755]. Grundlage für die erfolgreiche Leistungserstellung ist die Vernetzung von Unternehmen zu leistungsfähigen Wertschöpfungssystemen. Besonders relevant sind die Daten, die nahezu jede Unternehmensfunktion sowie die Interaktionen der Unternehmen mit ihren Kunden und Partnern verändern. Dabei ist die Transformation als soziotechnischer Prozess in den Dimensionen Mensch, Organisation, Business und Technik zu gestalten [DGK+15, S. 13f.], [PH15, S. 5].

Die Herausforderung für Unternehmen liegt in der **Planung leistungsfähiger Wertschöpfungssysteme**. Konzentrieren sich Unternehmen bisher vor allem auf die Entwicklung, die Produktion und den Vertrieb ihrer Sachprodukte, macht die digitale Transformation nicht an Unternehmensgrenzen halt. Zukünftig müssen Unternehmen in global verteilten Wertschöpfungssystemen agieren und weltweit verfügbare Kompetenzen durch Partner einbinden [AC10, S. 3], [OK03, S. 160ff.]. Dieser Wandel ist eine komplexe Aufgabe; organisationale Trägheit und Unwissenheit über zielgerichtete Veränderungen erschweren diese [GJS16, S. 755]. Umso wichtiger ist daher eine detaillierte Planung von wertschöpfenden Aktivitäten, Ressourcen und Partnern sowie des Übergangs vom bisherigen zum zukünftigen Wertschöpfungssystem [GWE+17, S. 67], [Bun16, S. 7ff.].

Bei der Planung leistungsfähiger Wertschöpfungssysteme ist die **zielorientierte Zusammenarbeit** involvierter Akteure aus verschiedenen Funktionsbereichen ein wesentlicher **Erfolgsfaktor**. Der zentrale Aspekt ist die Leistungserstellung, dessen Planung als integrative Aufgabe zwischen Geschäftsplanung sowie Produkt-, Dienstleistung- und Produktionssystemkonzipierung zu verstehen ist [GWE+17, S.7ff.]. Basis für die Zusammenarbeit sind ein einheitliches Verständnis und ein abgestimmtes Vorgehen bei der Entstehung der Systeme [Bun16, S. 7].

Vor dem Hintergrund einer wertschöpfungsorientierten Zusammenarbeit fehlt ein **zentrales Kommunikationsinstrument**, welches ein umfassendes Verständnis des Wertschöpfungssystems vermittelt. Die allgemeinverständliche Bereitstellung von Informationen ist allerdings eine Grundvoraussetzung für die integrative Planung von Geschäft und Wertschöpfungssystem [Bun16, S. 7ff.], [SMG16, S. 94ff.], [EGK+16, S. 49]. Bereichsorientierte Denkweisen involvierter Akteure sind weitere Hürden im Planungsgeschehen. Oftmals sprechen sie grundlegend unterschiedliche Sprachen, was auf die jeweiligen Ausbildungshintergründe zurückzuführen ist. Eine **gemeinsame Sprache** ist allerdings essentiell für eine zielorientierte Zusammenarbeit. Der Einsatz von Modellen zur Darstellung von Sachverhalten ist in einzelnen Fachdisziplinen (z. B. Mechanik, Softwaretechnik) sowie fachdisziplinübergreifend beim Model-Based Systems Engineering[1] etablierter Standard [WG16, S. 61ff.], [Obj12].

Der Einsatz von Modellen fördert die Kommunikation und Kooperation zwischen den Beteiligten [Kai14, S. 22ff.], [Alt13, S. 291ff.]. Die **integrative Planung** von **Geschäft** und **Wertschöpfungssystem** ist in den etablierten modellbasierten Vorgehensweisen nicht berücksichtigt. Eine durchgängige Modellbildung kann einen wesentlichen Beitrag leisten, Geschäftsmodelle erfolgreich in die unternehmerische Praxis zu übersetzen und den skizzierten Wandel von Unternehmen systematisch zu gestalten. Voraussetzung ist

[1] Model-Based Systems Engineering (MBSE) stellt ein Modell in den Mittelpunkt der Entwicklung. Ausdrucksmittel dafür sind Modellierungssprachen. MBSE beabsichtigt eine ganzheitliche, interdisziplinäre Betrachtung des Systems und die Förderung des Systemdenkens [FMS12, S. 15ff.], [GDS+13, S. 36f.].

eine einheitliche Sprache mit prägnanter graphischer Notation, dessen Benutzungsfreundlichkeit und Praxistauglichkeit durch geeignete Werkzeuge gefördert wird.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich mit dem Wandel von Marktleistungen deren Leistungserstellung verändert – Unternehmen vernetzten sich mit Partnern und Kunden zu leistungsfähigen Wertschöpfungssystemen. Insbesondere die Unternehmen des produzierenden Gewerbes stehen daher vor der Herausforderung einer integrativen Planung von Geschäft und Wertschöpfungssystem. Es besteht daher Bedarf, die zielorientierte Zusammenarbeit der Funktionsbereiche durch eine modellbasierte Beschreibung von Wertschöpfungssystemen zu unterstützten.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist eine *Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen*. Sie soll Unternehmen des produzierenden Gewerbes befähigen, mittels einfacher und prägnanter Visualisierung Wertschöpfungssysteme zu beschreiben und sich als Instrument zur anschaulichen Analyse eignen.

Die Spezifikationstechnik soll sich aus drei Bestandteilen zusammensetzen: Modellierungssprache, Werkzeugunterstützung und Vorgehensmodell. Die **Modellierungssprache** dient der interdisziplinären Beschreibung von Wertschöpfungssystemen. Sie enthält ein vernetztes System aus Partialmodellen sowie ein eingängiges Sprachkonzept, die eine Strukturierung, Planung und Analyse von Wertschöpfungssystemen ermöglichen. Die Modellierungssprache wird durch eine **Werkzeugunterstützung** ergänzt. Diese beinhaltet unterschiedliche Arten von Hilfsmitteln für eine effiziente Anwendung der Sprache. Die Werkzeuge unterstützen zudem das intuitive Arbeiten in interdisziplinären Teams. Das **Vorgehensmodell** befähigt die beteiligten Fachleute zur Anwendung der Spezifikationstechnik. Es beschreibt detailliert, in welcher Art und Weise die Modellierungssprache sowie die Werkzeugunterstützung zur Spezifikation angewendet werden.

1.3 Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit ist in sechs Kapitel gegliedert. Im Anschluss an die Einleitung (vgl. Kapitel 1) wird die dargestellte Problematik in **Kapitel 2** präzisiert. Zunächst werden wesentliche Begriffe eingeführt und das Forschungsfeld der Arbeit abgesteckt. Betrachtungsgegenstand dieser Arbeit sind Wertschöpfungssysteme von Unternehmen des produzierenden Gewerbes. Anschließend wird der Wandel von Wertschöpfungssystemen durch Veränderungen von Marktleistungen und dazugehöriger Leistungserstellung aufgezeigt. Es folgt eine Einordnung der Arbeit in das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER. Darüber hinaus werden der Aufbau und die Planung von Wertschöpfungssystemen erläutert. Auf

diese Diskussion folgt eine Einordnung der Thematik in die Theorie des Systems Engineerings. Die Ausführungen erlauben die Konsolidierung der Herausforderungen sowie die Ableitung von Anforderungen an die angestrebte Spezifikationstechnik.

Kapitel 3 adressiert den Stand der Technik. Zunächst werden Ansätze zur Planung, Modellierung und Analyse von Wertschöpfungssystemen untersucht. Es folgen spezifische Ansätze aus der Geschäfts-, Produktionssystem-, Logistik-, Dienstleistungs- und Informationssystemplanung. Ergänzend werden domänenübergreifende Ansätze der System- und Geschäftsprozessmodellierung diskutiert. Eine Bewertung der Ansätze im Hinblick auf die gestellten Anforderungen erlaubt eine Ableitung des Handlungsbedarfs.

Kapitel 4 umfasst die Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Eingangs wird ein Überblick über die Spezifikationstechnik mit der Grundidee und den Bestandteilen gegeben. Die darauffolgenden Abschnitte erläutern die einzelnen Bestandteile der Spezifikationstechnik. Zunächst werden das grundlegende Sprachkonzept, die Partialmodelle und deren Vernetzung vorgestellt. Es folgt die Einführung der Werkzeugunterstützung mit dem Kartenset und der Softwarelösung als Hilfsmittel für die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen. Den Abschluss bildet das Vorgehensmodell, welches das Arbeiten mit den Partialmodellen und die kontextspezifische Anwendung von Modellierungssprache und Werkzeugunterstützung erläutert.

Kapitel 5 demonstriert die Anwendung der Spezifikationstechnik. Anhand von vier Validierungsprojekten aus der Praxis wird gezeigt, wie bei unterschiedlichen Ausgangssituationen das Arbeiten mit den Partialmodellen die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen unterstützt. Die vier Validierungsprojekte aus Unternehmen des produzierenden Gewerbes eignen sich besonders, um die Erfüllung der aufgestellten Anforderungen zu validieren und die Industrierelevanz der Resultate herauszustellen.

Kapitel 6 fasst die Inhalte der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf den zukünftigen Forschungsbedarf im Themenfeld Wertschöpfungssysteme.

2 Problemanalyse

Ziel der Problemanalyse sind Anforderungen an eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. In Abschnitt 2.1 erfolgt zunächst eine Begriffsbestimmung und Einordnung der Arbeit. Davon ausgehend wird in Abschnitt 2.2 der Wandel der industriellen Wertschöpfung durch die Veränderung der Marktleistung produzierender Unternehmen beschrieben. Abschnitt 2.3 ordnet die Spezifikationstechnik in den Referenzprozess der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER ein.

Kern der Arbeit sind die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Abschnitt 2.4 legt die dafür notwendigen Grundlagen hinsichtlich des Aufbaus und der Planung von Wertschöpfungssystemen auf unterschiedlichen Wertschöpfungsebenen. Lösungsansatz für die angestrebte Spezifikationstechnik ist die modellbasierte Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Vor diesem Hintergrund wird die Thematik in Abschnitt 2.5 in die Theorie des Systems Engineerings eingeordnet, und die Übertragung der Ansätze auf die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen diskutiert. Abschnitt 2.6 grenzt das Problem ab und erfasst die mit der Beschreibung und Analyse verbundenen wesentlichen Herausforderungen. Das erlaubt eine Ableitung der Anforderungen in Abschnitt 2.7.

2.1 Begriffsbestimmung und Einordnung der Arbeit

Die in den Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.4 beschriebenen Begriffsbestimmungen sind notwendig, um ein für diese Arbeit einheitliches Verständnis der in der einschlägigen Literatur z. T. kontrovers diskutierten Begrifflichkeiten zu schaffen.

2.1.1 Spezifikationstechnik

Eine **Spezifikationstechnik** dient während des Planungsgeschehens zur Erarbeitung und Beschreibung der erzielten Ergebnisse. Durch die Dokumentation der Ergebnisse werden diese nachvollziehbar und transparent. Beteiligte verstehen die Ergebnisse sowie den Weg dorthin [Dör98, S. 3ff.], [HSS98, S. 205ff.]. Eine Spezifikationstechnik umfasst eine Semiotik und eine Syntax, d. h. graphische Notationselemente sowie Regeln zu deren Verwendung [CJS98, S. 582ff.].

Es werden formale, semiformale und umgangssprachliche Spezifikationstechniken unterschieden. **Formale Spezifikationstechniken** besitzen eine vollständige Syntax und eine eindeutige Semantik sowie eine mathematische Basis. Sie sind präzise, nicht interpretierbar und von einem Rechensystem verarbeitbar (z. B. Programmcode). **Semiformale Spezifikationen** beinhalten eine Syntax und eine Semantik allerdings keine mathematische Basis. Sie sind daher nicht so präzise wie formale Spezifikationen und bieten daher Inter-

pretationsspielraum (z. B. Technische Zeichnung). Semiformale Spezifikationen vermitteln Fachkundigen ein umfassendes Verständnis einfacher und komplexer Sachverhalte ohne große Einarbeitungszeit. **Umgangssprachliche Spezifikationen** hingegen sind unpräzise und lassen viel Interpretationsspektrum. Ihre Syntax und Semantik sind nicht vollständig festgelegt (z. B. Handskizzen) [CJS98, S. 582ff.], [GEK01, S. 306], [Fra06, S. 8.].

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Innerhalb von Wertschöpfungssystemen werden eine Vielzahl unterschiedlicher Daten (z. B. CAD-Daten, Liefertermine) zwischen Partnern ausgetauscht. Daher entstehen bereits während der Planung von Wertschöpfungssystemen unterschiedliche Ergebnisse (z. B. Dateiformate, Anforderungen an Lieferbeziehungen). Diese gilt es, möglichst präzise und nicht interpretierbar zu beschreiben. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen dieser Arbeit eine semiformale Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen angestrebt. Sie soll den Beteiligten auf intuitive Art und Weise ein einheitliches Verständnis des Sachverhalts ermöglichen.

2.1.2 Produkt, Dienstleistung und hybride Leistungsbündel

Ein **Produkt** ist das Sachziel eines Unternehmens und Erzeugnis der Produktion. Es dient der Befriedigung von Kundenbedürfnissen. In der Literatur werden Sachleistung (materielles Produkt), Dienstleistung (immaterielles Produkt) und hybrides Leistungsbündel (Sach- und Dienstleistungskombination) unterschieden [VMS17-ol], [Ste17-ol]. Eine Sachleistung ist das Ergebnis eines Produktionsprozesses und zielt auf die Nutzenerfüllung durch Bereitstellung einer Funktion ab [Fuc07, S. 8]. Die Produktion einer Sachleistung geht ihrem Konsum voraus. Zudem können Sachleistungen weiterverkauft, gelagert und das Eigentum an der Sachleistung übertragen werden [BBK08, S. 12].

Eine **Dienstleistung** ist ein nicht greifbares, immaterielles Gut. Sie stellt entweder die Kernleistung einer unternehmerischen Tätigkeit dar (Dienstleistungsunternehmen) oder wird als produktbegleitende Zusatzleistung angeboten (z. B. Kundendienst). Wesentliches Merkmal ist die zeitgleiche Erbringung und Konsumierung der Leistung [SKW+17-ol], [Lie17-ol], [BBK08, S. 12].

Hybride Leistungsbündel[1] bestehen aus der Kombination von Sach- und Dienstleistung, welche als integrative Marktleistung angeboten werden. Durch Anpassung an den Kunden sowie die Integration der Leistungsbestandteile übersteigt der vom Kunden wahrgenommene Wert eines hybriden Leistungsbündels den Wert der einzelnen Bestandteile. Über den Lebenszyklus eines Bündels können Sach- und Dienstleistungsanteile substitu-

[1] In der Literatur lassen sich eine Vielzahl weiter Bezeichnungen für die Integration von Sach- und Dienstleistungen finden: z. B. Produkt-Service-System, Customer Solution, Kovalentes Produkt [FWK15].

iert werden [MU12, S. 6], [FWK15, S. 65]. Im Wesentlichen ergeben sich drei Ausprägungen hybrider Leistungsbündel (siehe Bild 2-1): Produktorientiert, nutzungsorientiert und ergebnisorientiert [MKU05], [MU12, S. 9f.], [Kös14, S. 15]. Die Vorteile derartiger Leistungsbündel gehen mit Herausforderungen an dessen Leistungserstellung einher: Die Substitutionsfähigkeit der Sach- und Dienstleistungsanteile ermöglichen produkt-, nutzungs- oder ergebnisorientierte Geschäftsmodelle[2].

Bild 2-1: Spektrum der Marktleistungen und Ausprägungen hybrider Leistungsbündel in Anlehnung an [MU12, S. 10] und [Kös14, S. 15]

- *Produktorientierte Leistungsbündel* wie Wartungsverträge stellen die Funktionsfähigkeit einer Sachleistung über einen vereinbarten Zeitraum sicher. Die Erbringung wird durch den Kunden ausgelöst.
- *Nutzungsorientierte Leistungsbündel* garantieren eine Verfügbarkeit der Sachleistung, wodurch der Anbieter erstmalig Wertschöpfungsprozesse des Kunden eigenverantwortlich übernimmt und Anteile am Produktionsrisiko trägt. Die Erbringung wird durch den Anbieter ausgelöst.
- *Ergebnisorientierte Leistungsbündel* übertragen die Verantwortung für das Ergebnis vollständig auf den Anbieter. Kunden rechnen nur die Menge fehlerfrei gefertigter Teile ab.

[2] Ein Geschäftsmodell ist ein aggregiertes Abbild der unternehmerischen Geschäftslogik. Es beschreibt, wie ein Unternehmen Werte schafft, seinen Kunden Nutzen stiftet und sie motiviert dafür Geld zu bezahlen [GWE+17, S. 23], [GRK13, S. 9].

Der Begriff **Marktleistung** umfasst das gesamte Spektrum von einer Sachleistung über hybride Leistungsbündel bis hin zu einer Dienstleistung [MU12, S. 10], [Kös14, S. 15].

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Ein Wertschöpfungssystem beschreibt die Art und Weise, wie für einen Anbieter eine Marktleistung entsteht [VDI15, S. 21]. Das Verständnis für hybride Leistungsbündel führt zu weitreichenden Veränderungen in der Planung und Entwicklung von Marktleistungen und stellt umfassende Anforderungen an die Leistungserstellung [MU12, S. 4]. Im Kontext dieser Arbeit wird für die Beschreibung eines Leistungsangebots der Begriff Marktleistung verwendet, welcher Produkte, Dienstleistungen sowie jede Kombination daraus umfasst.

2.1.3 Wertschöpfungssystem, Systemstruktur und Systemdenken

Wertschöpfung ist einer der am häufigsten verwendeten Begriffe in der Managementliteratur [PMI+17, S. 7]. Gleichwohl existiert ein heterogenes, weitgefasstes Begriffsverständnis. Die Betriebswirtschaft definiert es als den Wert, den ein Unternehmen in einem definierten Zeitraum erwirtschaftet [Ben07, S. 94]. Gemäß PORTER findet Wertschöpfung in Rahmen der Leistungserstellung statt [Por14, S. 61ff.]. Diesem Begriffsverständnis folgen MÜLLER-STEVENS/LECHNER sowie GAITANIDES, die Wertschöpfung als Ergebnis einer Folge logisch zusammenhängender Aktivitäten zur Erstellung einer Marktleistung verstehen [ML13], S. 369], [Gai96], S. 1692ff.], [RW11, S. 21f.]. Der generierte Wert wird durch die Abnehmer und deren Zahlungsbereitschaft bestimmt [Por14, S. 61ff.].

Der Begriff **System** hat seinen Ursprung im griechischen Ausdruck sýstēma und bedeutet *„aus mehreren Teilen zusammengesetztes und gegliedertes Ganzes“* [Dud17-ol]. Demzufolge besteht ein System aus mehreren Objekten, die über Verbindungen miteinander verbunden sind und sich darüber ein gewisser Grad an Ordnung ergibt [UP91, S. 30], [Hit07], S. 5]. Die Objekte werden als *Systemelemente* bezeichnet und durch Zuordnung von Eigenschaften gekennzeichnet [TBN+13, S. 43]. Stehen die Eigenschaften zweier Systemelemente im Zusammenhang, existiert eine *Beziehung* zwischen ebendiesen. Diese Beziehungen werden *Systemrelationen* genannt. Grundsätzlich lassen sich zwei Arten unterscheiden (siehe Bild 2-2): Ordnungsbeziehungen und Wirkzusammenhänge [Pat82], S. 19], [TBN+13, S. 43].

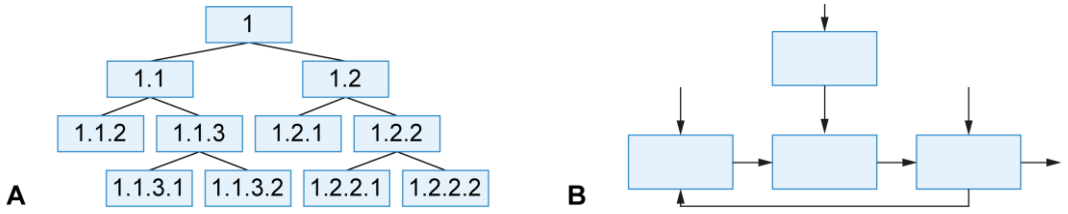

Bild 2-2: Ordnungsbeziehungen (A) und Wirkzusammenhänge (B) nach TRIER ET AL. [TBN+13, S. 43]

Ordnungsbeziehungen stellen lediglich eine Struktur zwischen Systemelementen her, wohingegen bei *Wirkzusammenhängen* ein Output des einen dem Input eines anderen Systemelements entspricht. Das Abhängigkeitsverhältnis wird in beiden Fällen durch die Beziehungsrichtung ausgedrückt [TBN+13, S. 43].

Wertschöpfung und System lassen sich begrifflich und sinnhaft zu dem Begriff **Wertschöpfungssystem**[3] kombinieren, da Wertschöpfungssysteme Wirkzusammenhänge beschreiben. Ziel derartiger Systeme ist die Leistungserstellung, ein von Entscheidungstragenden initiierter und gelenkter Prozess zur Befriedigung von Kundenbedürfnissen [Hou05, S. 15], [Beh99, S. 306], [Hou98, S. 51f.]. Ein Wertschöpfungssystem ist Teil eines übergeordneten Gesamtsystems[4]. Komplexe Querverbindungen und Abhängigkeiten mit Anderen ergeben eine Systemstruktur [Ben07, S. 95f.], [VDI15, S. 21], [PA13, S. 87].

Die **Systemstruktur** wird durch die Gesamtheit aller Systemelemente und Systemrelationen gebildet (siehe Bild 2-3). Elemente ohne Relationen sind nicht Bestandteil eines Systems. Sie liegen außerhalb der *Systemgrenze*. Sie ist eine positive (einschließende) Abgrenzung zwischen einem System und dessen Umwelt [Rop75, S. 28], [TBN+13, S. 44]. Innerhalb eines Systems existiert jedoch häufig ein größeres Beziehungsgeflecht als zwischen System und Umwelt [Pac96, S. 13], [HWF+15, S. 33f.].

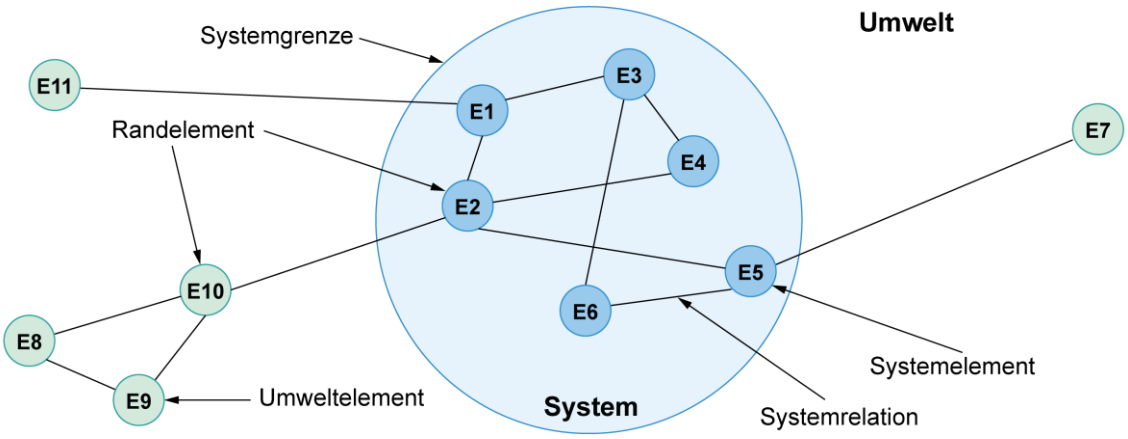

Bild 2-3: Struktur eines Systems in Anlehnung an [HWF+15, S. 33ff.], [TBN+13, S. 44]

Häufig werden Systeme anhand der Anzahl an Elementen und deren Beziehungen sowie der Veränderbarkeit unterscheiden. Es ergeben sich vier Systemtypen (siehe Bild 2-4):

---

[3] Ein Wertschöpfungssystem wird oftmals auch als Wertschöpfungsnetzwerk oder Wertkette bezeichnet. Im Rahmen dieser Arbeit wird durchgängig der Begriff Wertschöpfungssystem verwendet.

[4] Eine umfassende Betrachtung von Wertschöpfungssystemen erfolgt in den weitern Abschnitten (vgl. Abschnitt 2.2.2 und Abschnitt 2.4.

Einfache Systeme; massiv vernetzte, komplizierte Systeme; dynamisch, komplizierte Systeme; komplexe Systeme [UP91, S. 60], [Pat82, S. 19ff.], [HWF+15, S. 38f.].

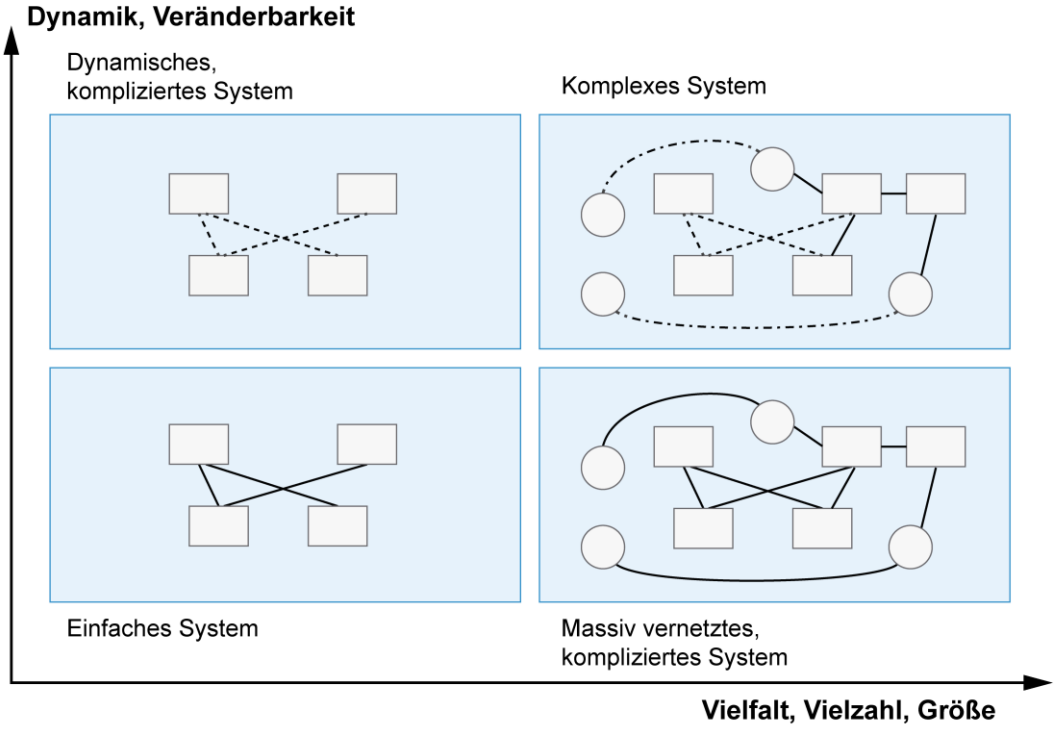

Bild 2-4: Systemtypen nach [HWF+15, S. 38] und [UP91, S. 61]

- *Einfache Systeme* zeichnen sich durch ihre geringe Anzahl an Elementen und deren statischen Beziehungen aus.
- *Massiv vernetzte, komplizierte Systeme* weisen eine hohe Anzahl verschiedenartiger Systemelemente auf, die statisch miteinander verbunden sind.
- *Dynamisch, komplizierte Systeme* bestehen aus einer geringen Anzahl von Systemelementen. Die Relationen zwischen den Elementen sind jedoch dynamisch.
- *Komplexe Systeme* setzen sich aus vielen, verschiedenartigen und dynamisch miteinander verbundenen Systemelementen zusammen.

Durch unterschiedliche Perspektiven – die wie eine Art Filter wirken – lassen sich verschiedene Eigenschaften und Merkmale von sowie Beziehungen zwischen Systemelementen fokussieren (siehe Bild 2-5). Hierbei stehen Betrachtung und Beschreibung einzelner Aspekte eines Systems im Vordergrund [HWF+15, S. 37f.]. Das **Systemdenken** hingegen ist ein Ansatz zur ganzheitlichen Betrachtung von Systemen. Es ist die Abkehr isolierter Lösungsfindung und fördert durch die Sicht auf das gesamte System ein besseres Verständnis [HWF+15, S. 31]. Ein wesentliches Prinzip dabei ist die Veranschaulichung komplexer Systeme durch Abstraktion, Vereinfachung und Modellbildung [Che81, S. 3f.], [Vaß15, S. 43], [HWF+15, S. 31ff.].

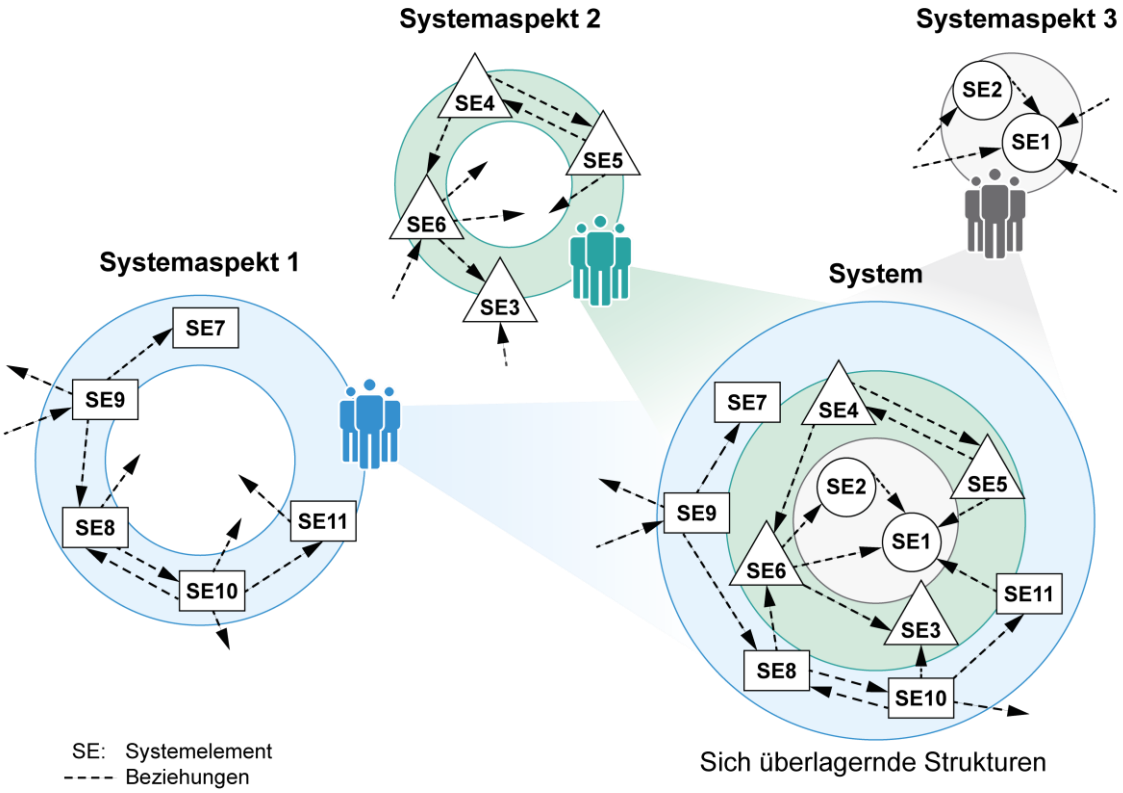

Bild 2-5: Aspekte eines Systems in Anlehnung an [HWF+15, S. 37]

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Die Leistungserstellung ist ein komplexes System aus verschiedenen Systemelementen (z. B. Lieferanten, Logistikdienstleister), dessen Systemstruktur Querverbindungen und Abhängigkeiten zwischen diesen beinhalten kann und durch ein dynamisches Zusammenwirken gekennzeichnet ist [VDI15, S. 4ff.]. Zudem sind in der Regel unterschiedliche Funktionsbereiche wie Fertigung oder Service beteiligt. Diese bringen spezifische Kompetenzen[5] in das Wertschöpfungssystem ein (z. B. Betriebsmittel, Serviceprozesse) und stehen dabei in Beziehungen zu anderen Systemelementen (z. B. Beziehung zwischen Montage und Versand, Beziehung zwischen Kundendienst und Kunde). Bei der Spezifikation von Wertschöpfungssystemen sind daher alle relevanten Systemelemente und Aspekte eines Systems einzubeziehen.

2.1.4 Modell, Modellbildung und Modellierungssprache

Modelle sind in den Ingenieurwissenschaften ein zentrales Instrument zur Kommunikation [Win11, S. 4]. Im Allgemeinen bilden sie eine Abstraktion und Vereinfachung eines Sachverhalts, der sowohl einem realen System als auch einer Theorie – einem Konzept – entsprechen kann [Kai14, S. 8], [Pat82, S. 306]. STACHOWIAK charakterisiert ein Modell

[5] An dieser Stelle wird dem Begriffsverständnis von RÜBBELKE gefolgt, der Kompetenzen als zielgerichtete Anwendung von Fähigkeiten unter Verwendung erforderlicher Ressourcen definiert [Rüb16, S. 84].

durch drei Merkmale: Abbildungsmerkmal, Verkürzungsmerkmal und pragmatisches Merkmal [Sta73, S. 131ff.], [Kai14, S. 8].

- *Abbildungsmerkmal*: Jedes Modell repräsentiert einen spezifischen Sachverhalt, wobei dieser wiederum selbst ein Modell sein kann [Sta73, S. 131].
- *Verkürzungsmerkmal*: Modelle zeigen lediglich Aspekte des Sachverhalts. Der Modellerstellende und der Nutzer entscheiden über die Inhalte [Sta73, S. 132].
- *Pragmatisches Merkmal*: Jedes Modell wird für jemanden (Modellnutzer) erstellt und dient einem bestimmten Zweck.

Nach PATZAK muss ein Modell zudem den folgenden Anforderungen genügen: Ein Modell muss *empirisch richtig* sein, also eine entsprechende Übereinstimmung mit der Realität aufweisen. Es muss *formal richtig* sein, d.h. Modellinhalte sind widerspruchsfrei und formal einwandfrei. Ein Modell sollte dem vorgesehenen Modellierungszweck entsprechen, sprich *produktiv* sein. Weiterhin sollte es handhabbar und die Erstellung, Anwendung sowie Pflege *nicht aufwendig* sein. Die Anforderungen sind konfliktär und erfordern einen Kompromiss [Pat82, S. 309f.] [Sta73, S. 131ff.]. Ein pragmatischer Ansatz unterstützt die zielgerichtete Modellbildung, indem die Fragestellungen *für wen*, *wann* und *wozu* beachtet werden [Sta73, S. 196], [Kai14, S. 8].

Im Zuge der **Modellbildung** wird ein real existierendes oder ein theoretisches System in eine explizite Darstellung transformiert [Sch98, S. 47], [Win03, S. 89]. Der dazugehörige Prozess der Modellbildung umfasst die Phasen: Projektion, Abstraktion und Übersetzung [Ech16, S. 15], [Küh06, S. 371] (siehe Bild 2-6).

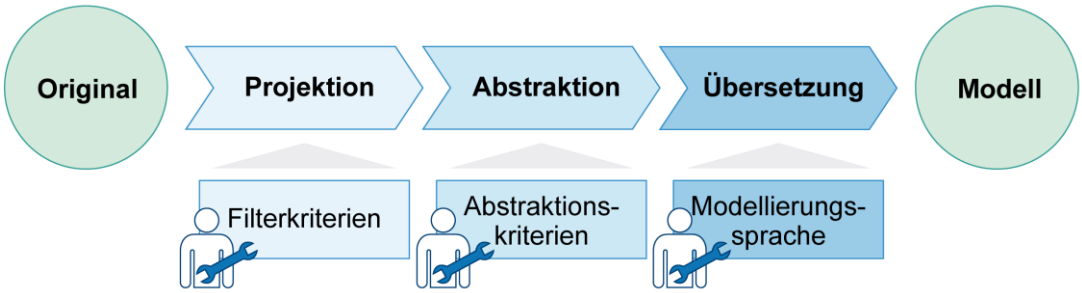

Bild 2-6: Prozess der Modellbildung nach [Ech16, S. 15]

In der Phase der *Projektion* wird das Originalsystem mithilfe von Filterkriterien auf modellrelevante Elemente und Informationen reduziert. Ergebnis dieser Phase ist ein reduziertes System. Im Rahmen der anschließenden *Abstraktion* werden Informationen verdichtet und mittels Abstraktionskriterien äquivalente Elemente und Beziehungen verallgemeinert. Es resultiert ein abstrahiertes System. In der letzten Phase *Übersetzung* wird das abstrahierte System in ein Modell überführt. Hierbei werden die Informationen unter Verwendung einer Modellierungssprache abgebildet [Gur98, S. 298ff.], [Küh06, S. 371], [Lep07, S. 179ff.], [Ech16, S. 15].

Eine **Modellierungssprache** ist eine definierte Ausdrucksweise, um Modelle zum Zweck der Kommunikation abzubilden [Eng17-ol], [Ech16, S. 15]. Sie stellt die Elemente zur Modellerstellung zur Verfügung. Grundlage dafür sind eine definierte Syntax und Semantik [Eng17-ol], [HR00, S. 3ff.], [Poh07, S. 289ff.], [Bra07, S. 16] (siehe Bild 2-7).

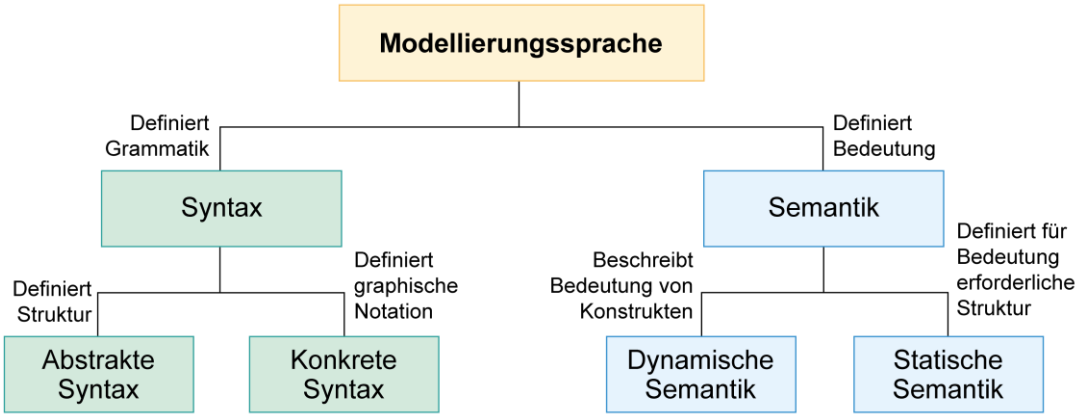

Bild 2-7: Bestandteile einer Modellierungssprache in Anlehnung an [Bra07, S. 16] und [Ech16, S. 15]

Die *Syntax* definiert die Zeichen sowie die Vorschriften, nach denen die Zeichen zu gültigen Aussagen kombiniert werden. Beides sind Elemente der abstrakten Syntax. Die konkrete Syntax legt die graphische Notation der einzelnen Zeichen fest. Die Darstellungsform ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Akzeptanz und Anwendung der Modellierungssprache [JWK+08, S. 5ff.], [Moo09, S. 756ff.], [Bra07, S. 15ff.].

Die *Semantik* legt die inhaltliche Bedeutung der Zeichen fest. Die dynamische Semantik stellt den Bezug der Elemente der abzubildenden Originalwelt her. Die statische Semantik definiert die für die Bedeutung erforderliche Struktur [Ech16, S. 16], [Bra07],S. 16].

Die abstrakte Syntax als auch die statische Semantik werden in einem Metamodell[6] spezifiziert [SVE+07, S. 29], [Kai14, S. 35]. Die konkrete Syntax wird gesondert definiert und den Modellkonstrukten der abstrakten Syntax zugeordnet. Die dynamische Semantik wird in Textform oder formelbasiert festgelegt. Grundsätzlich werden formale, semiformale und informale Sprachen unterschieden. Ihre Trennung bezieht sich auf den Formalisierungsgrad von Syntax und Semantik. Eine formale Sprache liegt vor, wenn sowohl Syntax als auch Semantik formal beschrieben werden. Selbst in der Informatik ist dies lediglich in Sonderfällen gegeben [Kro12, S. 109], [Kai14, S. 35], [Ech16, S. 16].

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Zur interdisziplinären Beschreibung des Wertschöpfungssystems wird eine semiformale Modellierungssprache bevorzugt. Semiformale Modelle beruhen auf einem Satz vorgegebener Konstrukte. Die Erstellung unterliegt Regeln

[6] Metamodelle stellen die formalisierte Beschreibung einer Modellierungssprache dar [SVE+07, S. 29ff.], [Ech16, S. 16]

zur Anordnung und Verwendung der Konstrukte. Derartige Modellierungssprachen sind in Projekten zur Analyse der Leistungserstellung etabliert. Graphische Konstrukte führen zu prägnanten, weitgehend interpretationsfreien Darstellungen. Formale Sprachen hingegen hemmen die Kreativität der Nutzer, erzeugen Akzeptanzhürden und schränken die freie, flexible Modellierung ein.

2.2 Wandel der industriellen Wertschöpfung

Innerhalb des produzierenden Gewerbes verändert sich der Wettbewerb. Erfolg versprechende Marktleistungen beruhen zunehmend auf dem engen Zusammenwirken von Sach- und Dienstleistungen (vgl. Abschnitt 2.1.2). Diese Veränderung hat besondere Bedeutung für die Leistungserstellung. Vor diesem Hintergrund wird in Abschnitt 2.2.1 die Veränderung der Marktleistung produzierender Unternehmen diskutiert. Gegenstand von Abschnitt 2.2.2 ist die damit einhergehende Veränderung der Leistungserstellung.

2.2.1 Veränderung der Marktleistung produzierender Unternehmen

Die gegenwärtige Situation produzierender Unternehmen ist durch einen zunehmenden Wettbewerbsdruck sowie eine fortschreitende Individualisierung von Marktleistungen geprägt [AM14, S. 70], [LG14, S. 250], [AC10, S. 1]. Behaupteten sich insbesondere deutsche Unternehmen lange Zeit durch ihre Qualitäts- und Technologieführerschaft in der globalen Wettbewerbsarena, genügen diese Differenzierungsmerkmale zukünftig nicht mehr als alleinige Wettbewerbsvorteile. Produktfunktionalitäten, Qualität und Preis gleichen sich immer mehr an [SD06, S. 464], [AC10, S. 1]. Die Unternehmen begegnen dieser Entwicklung, indem sie ihr Kerngeschäft mit produktbegleitenden Dienstleistungsangeboten ergänzen. Häufig stellen Dienstleistungen einen der entscheidenden Erfolgsfaktoren[7] und ein wesentliches Differenzierungsmerkmal dar [SGK06, S. 26], [SD06, S. 464]. Die wachsende volkswirtschaftliche Bedeutung des Dienstleistungsbereichs bringt dies zum Ausdruck: Mit knapp zwei Milliarden Euro tragen die Bereiche einen Anteil von circa 70 % an der Bruttowertschöpfung in Deutschland [Sta17, S. 56]. Des Weiteren verändern sich die Kundenerwartungen. Sie fordern ganzheitliche Problemlösungen, was zu einer Verschmelzung von Produkt- und Dienstleistungsgeschäft führt und dessen Unterscheidung zukünftig noch erschwert [EFF+14, S. 230], [SD06, S. 464].

Vor diesem Hintergrund stehen viele Unternehmen vor einem **Wandel vom Produzenten zum produzierenden Dienstleister**, um dadurch neue Differenzierungspotentiale zu erschließen und zusätzliche Umsätze zu erwirtschaften [SFG04, S. 17], [HUB16, S. 1]. Nach SCHUH ET AL. eröffnen sich folgende Entwicklungsstufen: Produzent, dienstleistender Produzent und produzierender Dienstleister [SFG04, S. 17] (siehe Bild 2-8).

---

[7] Erfolgsfaktoren beeinflussen den Erfolg eines Geschäfts. Sie werden auch als kaufentscheidende Faktoren bezeichnet [GP14, S. 139].

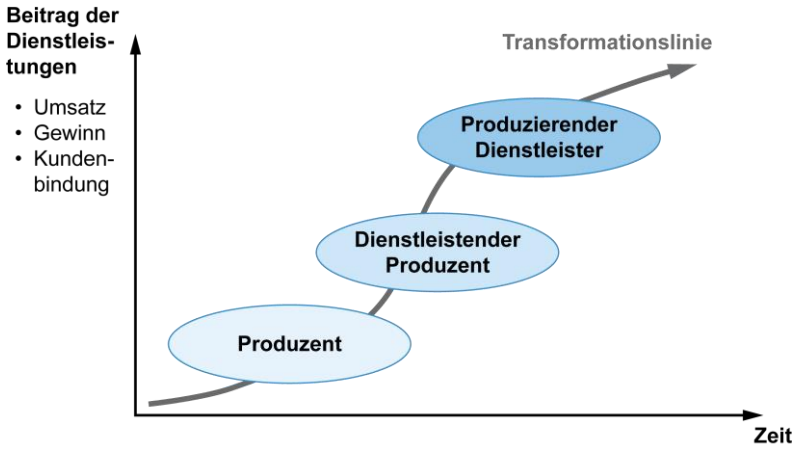

Bild 2-8: Entwicklungsstufen auf dem Weg vom Produzenten zum produzierenden Dienstleister in Anlehnung an [SFG04, S. 17]

Als *Produzent* werden Unternehmen bezeichnet, die sich vorwiegend auf ihr Produktgeschäft als Marktleistung fokussieren. Dienstleistungen werden nur ergänzend angeboten [SFG04, S. 18], [AC10, S. 3f.], [SD06, S. 464]. Der *dienstleistende Produzent* ist eine Zwischenstufe. Das ausgebaute Dienstleistungsangebot ist ein wesentliches Differenzierungsmerkmal des Unternehmens [LG14, S. 251], [SFG04, S. 18], [AC10, S. 4]. Der *produzierende Dienstleister* nutzt die Produkte als Plattform, um seinen Kunden zusätzliche produktbegleitende Dienstleistungen anzubieten. Er differenziert sich am Markt durch kundenindividuelle Problemlösungen. Die Marktleistung und deren Erbringung sind stark in die Prozesse der Kunden integriert [SFG04, S. 18], [XI14, S. 3969].

Viele Unternehmen des produzierenden Gewerbes haben die Notwendigkeit hybrider Leistungsbündel und den Weg hin zu einem Lösungsgeschäft erkannt [OK03, S. 160ff.], [AC10, S. 3]. Der Wandel bedarf einer strategischen Neuausrichtung des Unternehmens; organisationale Trägheit und Unwissenheit über zielgerichtete Veränderungen erschweren diese [GJS16, S. 755]. Bisher konzentrierten sich Unternehmen vorwiegend auf die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb ihrer Produkte und legten ihre Abläufe und Organisationsstrukturen dementsprechend aus [OK03, S. 160ff.], [AC10, S. 3].

Die Grundlage zukünftiger Marktleistungen bilden intelligente technische Systeme (ITS). Von besonderer Bedeutung ist ihre Intelligenz, die adaptive, robuste, vorausschauende und besonders benutzungsfreundliche Systeme ermöglicht. ITS erreichen ihre vollständige Funktionalität erst durch das Zusammenspiel mit weiteren Einzelsystemen [GAC+13, S. 14]. Die Vernetzung von Systemen führt zu sogenannten Cyber-Physischen Systemen[8] (CPS) (siehe Bild 2-9).

---

[8] Nach GEISENBERGER/BROY sind CPS offene, vernetzte Systeme, die mithilfe von Sensoren Daten zu Situationen der physikalischen Welt erfassen, sie interpretieren und für netzbasierte Dienste verfügbar machen sowie mittels Aktorik unmittelbar auf Prozesse in der physikalischen Welt einwirken und damit das Verhalten von Geräten, Dingen und Diensten beeinflussen können [GB12, S. 9]

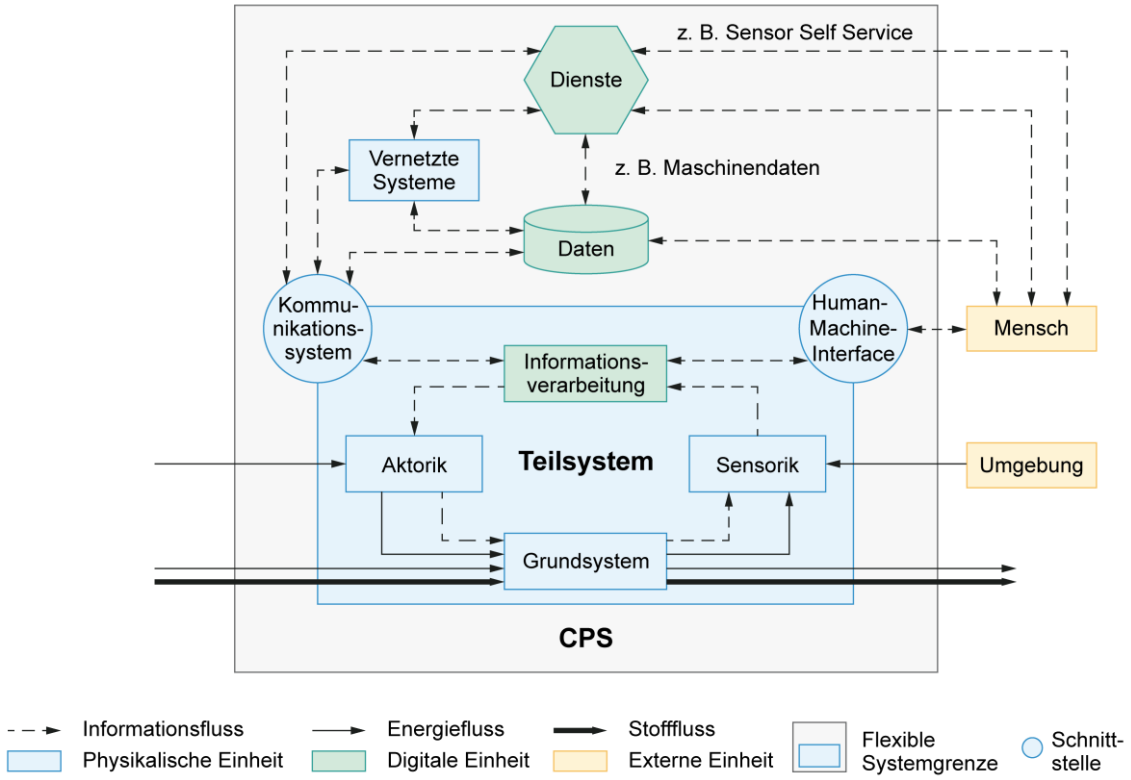

Bild 2-9: CPS Referenzarchitektur in Anlehnung an [WAD+16, S. 4], [Wes17, S. 94]

Die Referenzarchitektur für CPS nach WESTERMANN ET AL. zeigt die Besonderheiten derartiger Systeme auf: Interaktionen zwischen physischen und digitalen Objekten [WAD+16, S. 3f.]. Aus diesem Grund ergänzt die Referenzarchitektur, welche auf der Grundstruktur mechatronischer Systeme (Grundsystem, Sensor(en), Aktor(en) und Informationsverarbeitung) sowie dem Technologiekonzept für intelligenter technischer Systeme beruht, diese um die Elemente Daten und Services [WAD+16, S. 3f.], [VDI04, S. 14.], [GTD13, S. 49ff.]. Durch die Erweiterung ist es möglich, externe Daten anderer Systeme (z. B. Maschinendaten) einzubinden sowie eigene Sensordaten (z. B. Sensor Self Service) auf Serviceplattformen oder als Teil eines vernetzten Systems anzubieten [WAD+16, S. 4].

Serviceplattformen[9] sind ein wesentlicher Baustein digitaler Infrastrukturen, damit digital veredelte Produkte mit datenbasierten Dienstleistungen entstehen. Diese Plattformen dienen als Integrationsschicht und interorganisationale Kollaborationsumgebung, d. h.

[9] Das Schichtenmodell für digitale Infrastrukturen nach ACATECH ET AL. stellt einen Rahmen für zukünftige Interaktionen durch digitale Infrastrukturen bereit. Serviceplattformen (Smart Services) bilden die oberste Schicht, welche auf Software-definierten Plattformen (Smart Data), Vernetzten physischen Plattformen (CPS, Smart Products) und der technischen Infrastruktur (Smart Spaces) aufbaut [AA15, S. 16ff.].

sämtliche Prozesse, Schnittstellen oder Interaktionen zwischen den Akteuren (z. B. Lieferanten, Kunden) und Objekten (z. B. CPS) des Wertschöpfungssystems werden verknüpft [AA14, S. 47ff.], [AA15, S. 16f.].

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Als produzierender Dienstleister verschiebt sich die Wettbewerbsgrundlage: Von einzelnen Produkten zu Systemen (hybride Leistungsbündel) bis hin zu vernetzten Systemen [PH14, S. 12]. Dabei werden Produkte oftmals als Plattform betrachtet, um Kunden ergänzend zur Sachleistung datenbasierte Dienstleistungen anzubieten. Grundlage dafür bilden Cyber-Physische Systeme und Serviceplattformen. Aufgrund der steigenden Vernetzung kommunizieren und interagieren Unternehmen zunehmend mit anderen Akteuren und Systemen innerhalb eines Wertschöpfungssystems [PH15, S. 18], [Bun16, S. 9].

2.2.2 Veränderung der Leistungserstellung

Die Fähigkeit, innovative Erzeugnisse zu entwickeln und attraktive Marktleistungen anzubieten, ist nach wie vor ein zentraler Baustein, um die Wertschöpfung nachhaltig erfolgreich zu gestalten. Die meisten produzierenden Unternehmen sind durch ihre funktionale Struktur charakterisiert. Diese Struktur sowie die Wechselwirkungen zwischen den Funktionsbereichen und den Leistungserstellungsprozessen Produktentstehung, Auftragsabwicklung und Fertigung werden zunehmen durch datenbasierte Dienstleistungen verändert [PH14, S. 1ff.], [GP14, S. 15], [PH15, S. 1ff.].

Die **funktionale Struktur produzierender Unternehmens** ist eine generische Sicht und beschreibt Unternehmen anhand von acht Bereichen [GP14, S. 16ff.] (siehe Bild 2-10):

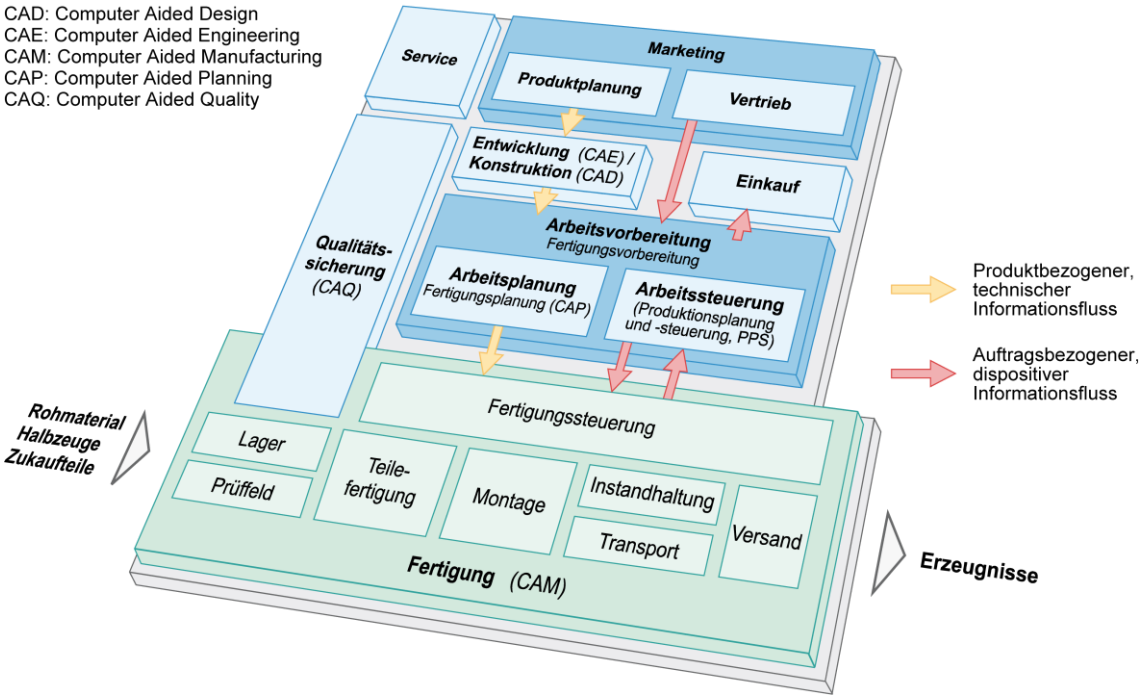

Bild 2-10: Funktionale Struktur eines produzierenden Unternehmens [GP14, S. 17]

- Die *Produktplanung* hat als Hauptaufgabe die Planung neuer Produkte bzw. Produktoptionen. Wesentliche Ergebnisse des Funktionsbereichs sind Entwicklungsaufträge und Geschäftspläne [GP14, S. 16]. Mithilfe internetbasierte Dienstleistungen können produzierende Unternehmen ihr Dienstleistungsgeschäft erweitern. Sie verkaufen nicht mehr ihre Marktleistung, sondern vertreiben vielmehr das Nutzenversprechen [PH15, S. 8].
- Die *Entwicklung/Konstruktion* konkretisiert das Produkt inklusive möglicher Funktionsnachweise. Wesentliche Ergebnisse sind Bauunterlagen wie Fertigungszeichnungen sowie äquivalente digitale Modelle [GP14, S. 16]. Brachte früher jede neue Produktgeneration eine Reihe von Verbesserungen, lässt sich der Funktionsumfang von Marktleistungen zukünftig vermehrt durch Softwareupdates ausbauen [PH15, S. 8].
- Die *Arbeitsvorbereitung* beinhaltet jegliche Maßnahmen zur Erstellung aller notwendigen Unterlagen und Fertigungsmittel, die durch Planung, Steuerung und Überwachung für die Fertigung einen Minimalaufwand sicherstellen. Sie gliedert sich in die Arbeitsplanung (wie wird gefertigt) und die Arbeitssteuerung (wann wird gefertigt) [GP14, S. 16f.]. Vernetzen sich beispielsweise intelligente Maschinen, Betriebsmittel und Werkstücke zukünftig ad-hoc und optimieren die Fertigung selbstständig, verändert sich in der Konsequenz die Arbeitsplanung und -steuerung [PH15, S. 10ff.].
- Der *Vertrieb* hat die Hauptaufgabe, den Markt zu bearbeiten, um Kundenaufträge zu gewinnen. Dazu zählt vor allem bei erklärungsbedürftigen Marktleistungen ein sogenannter Pre Sales Support[10] [GP14, S. 17]. Zukünftig geht es vor allem darum, die Kundenschnittstelle zu besetzen. Über datenbasierten Dienstleistungen entsteht ein permanent Dialog mit dem Kunden [PH15, S. 12]
- Der *Einkauf* verantwortet die Transaktionen mit dem Beschaffungsmarkt und sorgt für eine termingerechte Bereitstellung von Materialien, Halbzeugen und Bauteilen, die von Lieferanten hergestellt werden [GP14, S. 17]. Finden zukünftig Bedarfe und Angebote weitgehend automatisch zueinander oder verhandeln und schließen Verträge automatisch, wirkt sich dies auf den Funktionsbereich Einkauf aus [Bun16, S. 10f.]
- Die *Fertigung* bildet den eigentlichen Fabrikbetrieb ab. Aufgabe ist es, mithilfe der verfügbaren Ressourcen die Informationen aus den anderen, vorgelagerten Funktionsbereichen in Operationen zur Herstellung der Marktleistung zu überführen. Die Fertigungssteuerung koordiniert das Fertigungsgeschehen (z. B. Disposition von Fertigungsaufträgen, Organisation von Materialflüssen) [GP14, S. 17]. Bisher gilt

[10] Pre Sales Support (häufig auch Pre-Sales-Service) umfasst Dienstleistungen, die Kunden vorab angeboten werden, um den Vertrieb bei der Auftragsgewinnung zu unterstützen. Bei erklärungsbedürftigen Marktleistungen ist dies oftmals die technische Beratung oder Probenutzung [KM17b-ol].

die Fertigung als abgeschlossener Prozess, der mit dem Versand endet. Die Marktleistungen von morgen sind jedoch permanent in einer Technologieinfrastruktur (z. B. Cloud) eingebunden, die bis zum Ausscheiden des Sachprodukts betrieben werden muss [PH15, S. 10f.].

- Der *Service* (häufig: Post Sales Support[11]) ist der eigentliche Kundendienst nach dem Kauf. Wichtige Aufgaben sind Installation, Inbetriebnahme, Wartung und Ersatzteilwesen [GP14, S. 17]. In vielen Fällen wird zukünftig z. B. eine Wartung aus der Ferne genügen, anstatt einer Wartung vor Ort [PH15, S. 12f.].
- Die *Qualitätssicherung* umfasst als Querschnittsfunktion die Aufgaben Qualitätsplanung, Qualitätskontrolle und Qualitätslenkung [GP14, S. 17]. Zukünftig ermöglicht die Vernetzung von Objekten eine kontinuierliche Überwachung im tatsächlichen Einsatz, wodurch z. B. Konstruktionsprobleme erkannt und behoben werden [PH15, S. 8]

Trotz der funktionalen Sicht eines produzierenden Unternehmens sind die drei Hauptgeschäftsprozesse deutlich [GP14, S. 18]: Produktentstehungsprozess (produktbezogener, technischer Informationsfluss), Auftragsabwicklungsprozess (auftragsbezogener, dispositiver Informationsfluss) und der eigentliche Fertigungsprozess (siehe Bild 2-11).

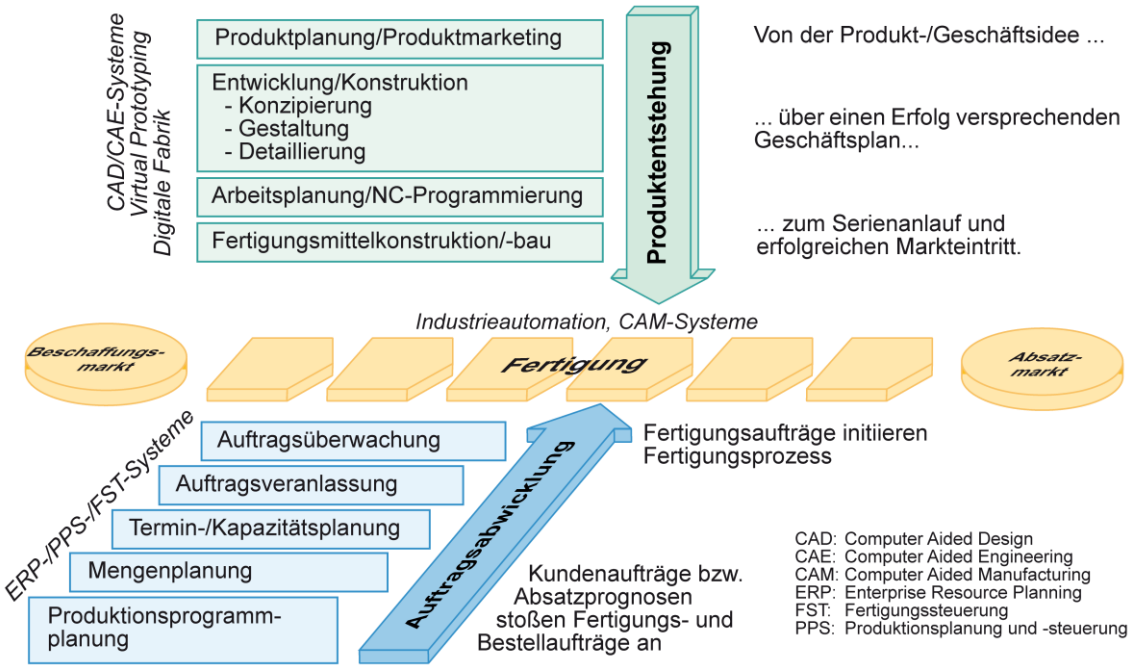

Bild 2-11: Leistungserstellungsprozesse im Produktgeschäft [GP14, S. 19]

[11] Post Sales Support (häufig auch After-Sales-Service) umfasst technische und kaufmännische Dienstleistungen nach dem Kauf. Die Services leisten zum Teil einen wesentlichen Beitrag zur Umsatzgenerierung und Kundenbindung [KM17a-ol].

Klassische Wertschöpfungssysteme sind geprägt durch die Leitidee der Massenproduktion, die sich in der vorherrschende Funktionsorientierung und den etablierten Prozesse der Leistungserstellung ausdrückt. Durch den Übergang in das Informationszeitalter und die skizzierte Evolution von Marktleistungen verlieren diese Prämissen zunehmend an Gültigkeit [Pil06, S. 97], [Red10, S. 36] (vgl. Abschnitte 2.1.2 und Abschnitt 2.2.1). Die zunehmende Durchdringung von **Serviceplattformen** setzt unternehmerische Vermittlungs- und Koordinationskompetenz in Wertschöpfungssystemen voraus (vgl. Abschnitt 2.2.1). Hintergrund sind Plattform-Unternehmen, die mit ihren Serviceplattformen als Intermediär zwischen Kunden und Produzenten die Kundenschnittstelle besetzen. Unternehmen laufen Gefahr in die Rolle austauschbarer Zulieferer gedrängt zu werden und damit auch die Hoheit über die anfallenden Daten aus der Nutzung der Marktleistung zu verlieren [EPR17, S. 27ff.], [PMI+17, S. 16], [MSG+17, S. 43ff.].

Ein weiterer Veränderungstreiber sind die Marktleistungen an sich (vgl. Abschnitt 2.2.1). **Datengetriebene Dienstleistungen** verändern nahezu jede Unternehmensfunktion und jeden Erstellungsprozess [PH15, S. 8ff.]. Beispielsweise wirkt sich eine prädiktive Wartung massiv auf die vorhandenen Wartungs- und Instandhaltungsabläufe aus. Die Wartung setzt eine Ferndiagnose voraus, ermöglicht dafür allerdings eine höhere Erfolgsquote durch passendes Werkzeug sowie korrekte Ersatzteile beim Erstbesuch [PH15, S. 8ff.].

Die notwendige Transformation hin zu einem **produzierenden Dienstleister** erfordert grundlegende, in sich stimmige Anpassungen des Wertschöpfungssystems. Dabei sind insbesondere die *Aktivitäten* und dazugehörigen Ressourcen zur Leistungserstellung, die *Struktur* der Aufbauorganisation sowie das *Verhalten* der Akteure für eine zielgerichtete Kooperation zentrale Gestaltungsdimensionen der Transformation [SFG04, S. 25], [PH15, S. 4ff.] (siehe Bild 2-12).

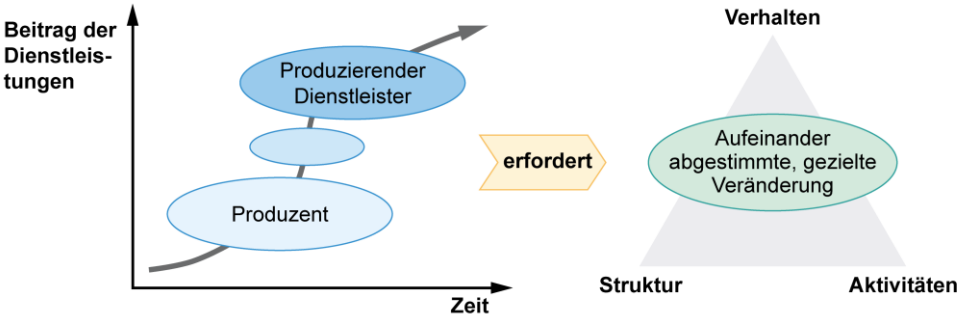

Bild 2-12: Dimensionen zur Gestaltung des Transformationspfads in Anlehnung an [SFG04, S. 26]

Über die Vernetzung sämtlicher Aktivitäten zur Leistungserstellung innerhalb eines Unternehmens hinaus, erstreckt sich eine unternehmensübergreifende Vernetzung. Die Vernetzung erfolgt in zwei Dimensionen: Vertikale Integration und horizontale Integration (siehe Bild 2-13).

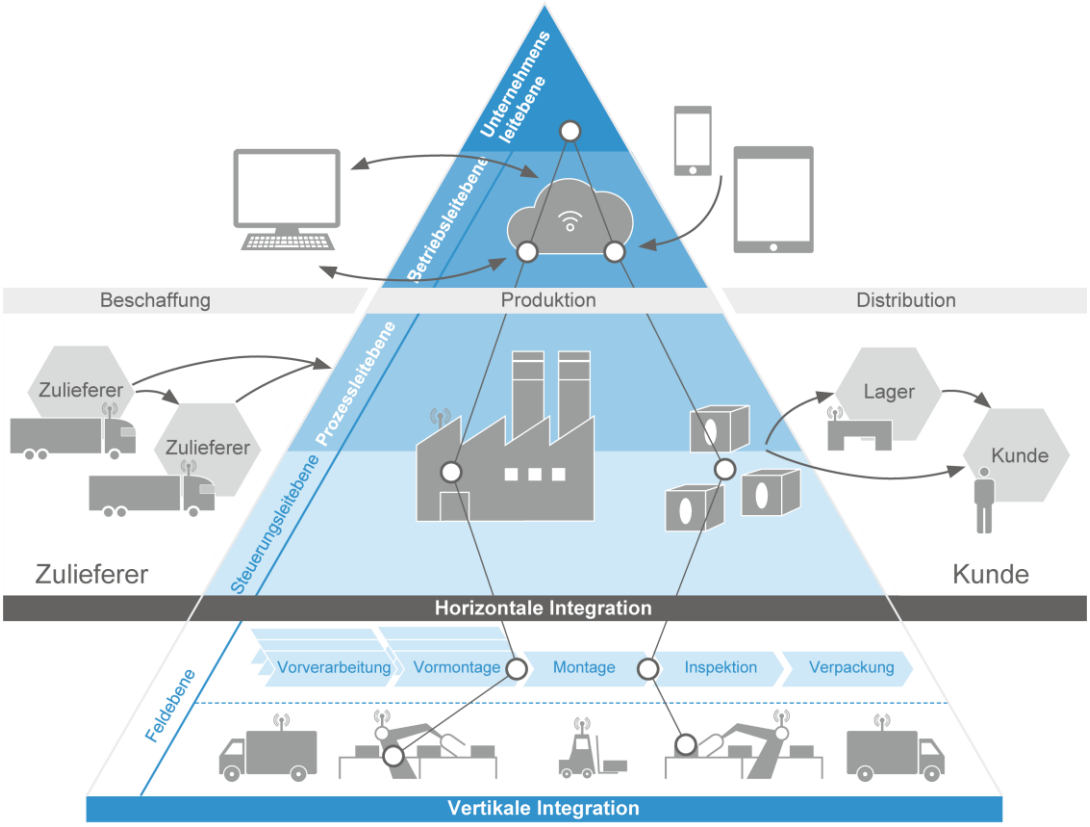

Bild 2-13: Vertikale und horizontale Integration von Wertschöpfungssystemen nach [DGK+15, S. 14]

Vertikale Integration steht für die Verknüpfung der verschiedenen IT-Systeme zu einer durchgängigen Lösung. Betrachtet werden Systeme auf den unterschiedlichen Hierarchieebenen eines Unternehmens – von der Feldebene über die Steuerungs- und Prozessleitebene bis zur Betriebs- und Unternehmensleitebene. In der Folge können physische und technische Prozesse inklusiver ihrer unterstützenden Ressourcen mit Geschäftsprozessen über die verschiedenen Unternehmensebenen synchronisiert werden [PA13, S. 36ff.]. Die **Horizontale Integration** beschreibt die Vernetzung beispielsweise von intelligenten Maschinen, Betriebsmitteln, Marktleistungen sowie Lagersystemen (vgl. Abschnitt 2.2.1) zu leistungsfähigen Wertschöpfungssystemen. Einzelne Prozessschritte der Leistungserstellung werden unter anderem durch die Verknüpfung von IT-Systemen zu einem durchgängigen, auch unternehmensübergreifenden System integriert. Die gesamte Leistungserstellung von der Bestellung bis zur Lieferung kann zwischen den beteiligten Wertschöpfungspartnern dynamisch erbracht werden [PA13, S. 35].

Bedeutung im Kontext der Arbeit: CPS ermöglichen die Vernetzung intelligenter Systeme untereinander und über Unternehmensgrenzen hinweg. So wird es zukünftig möglich sein, dass Anlagen z. B. selbstständig Verbrauchsmaterialien nachbestellen. Dies erfordert tiefgreifende Anpassungen beispielsweise in der Auftragsabwicklung. Für Unternehmen bedeutet dies eine Transformation von einem reinen Produzenten hin zu einem produzierenden Dienstleister, was enorme Auswirkungen auf die Leistungserstellung hat.

Grundlage für den zukünftigen Erfolg sind die durchgängige vertikale und horizontale Integration in Wertschöpfungssystemen sowie ein Systems Engineering[12] zur Planung von Wertschöpfungssystemen [DGK+15, S. 12ff.], [Bun16, S. 7].

2.3 Referenzmodell der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Die notwendigen Wertschöpfungssysteme zur Erbringung der Marktleistungen von morgen unterscheiden sich mitunter grundlegend von den Systemen, die gegenwärtig vorherrschen (vgl. Abschnitt 2.2). Dabei verändern Marktleistungen nicht nur die die Leistungserstellung, sondern ermöglichen neue Geschäftsmodelle (z. B. Pay per Use). Um das vollständige Potential auszuschöpfen, müssen Geschäftsmodell und Wertschöpfungssystem konsistent zu einander geplant werden [GWE+17, S. 7ff.]. Vor diesem Hintergrund wird die Spezifikationstechnik im Folgenden in das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER eingeordnet (siehe Bild 2-14).

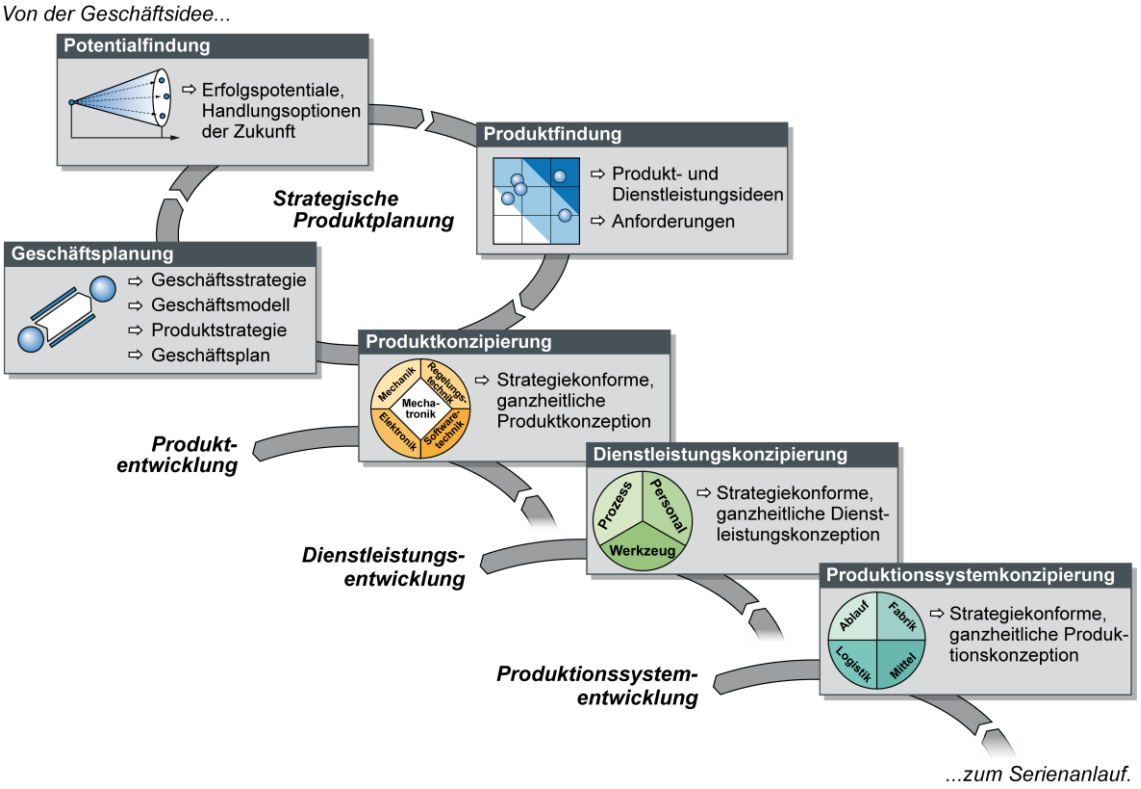

Bild 2-14: Referenzmodell der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER ET AL. [GAD+14, S. 15]

[12] Eine ausführliche Diskussion des Systems Engineerings erfolgt in Abschnitt 2.5.

Der Prozess der Produktentstehung erstreckt sich von der Geschäftsidee bis zum Serienanlauf (Start of Production – SOP) [GP14, S. 25]. Er ist nicht als stringente Folge von Phasen und Meilensteinen zu verstehen. Vielmehr handelt es um ein Wechselspiel von Aufgaben, die sich in vier Zyklen[13] gliedern lassen [GP14, S. 25], [GAD+14, S. 11ff.].

Erster Zyklus: Strategische Produktplanung

Dieser Zyklus charakterisiert das Vorgehen vom Finden der Erfolgspotentiale der Zukunft bis zur Erfolg versprechenden Produktkonzeption – der sog. prinzipiellen Lösung als Grundlage für den Entwicklungsauftrag. Der Zyklus beinhaltet die Aufgabenbereiche Potentialfindung, Produktfindung, Geschäftsplanung und Produktkonzipierung. Aufgaben der **Potentialfindungen** sind Erfolgspotentiale der Zukunft zu erkennen und entsprechende Handlungsoptionen abzuleiten. Wichtige Methoden sind die Szenario-Technik, Delphi-Befragungen und Trendanalysen. Die anschließende **Produktfindung** beinhaltet die Suche und Auswahl neuer Produkt- und Dienstleistungsideen zur Erschließung der identifizierten Erfolgspotentiale. In der **Geschäftsplanung** werden eine Geschäftsstrategie und damit verbundene Geschäftsmodelle sowie Produktstrategien entwickelt. Ergebnis ist ein Geschäftsplan, der den Nachweis erbringt, ob ein attraktiver Return on Investment zu erzielen ist [GAD+14, S. 11f.], [GP14, S. 25f.].

Zweiter Zyklus: Produktentwicklung, Virtuelles Produkt

Der zweite Zyklus bildet die Schnittstelle zur fachgebietsübergreifenden Produktkonzipierung. Dabei adressiert er den domänenspezifische Entwurf sowie die entsprechende Ausarbeitung und Integration der Ergebnisse der einzelnen Domänen zu einer Gesamtlösung. In der Produktentwicklung spielen die Bildung und Analyse von rechnerinternen Modellen eine bedeutende Rolle, sodass sich der Begriff Virtuelles Produkt bzw. Virtual Prototyping verbreitet hat [GAD+14, S. 11f.], [GP14, S. 26].

Dritter Zyklus: Dienstleistungsentwicklung

Gegenstand des dritten Zyklus ist die Konkretisierung einer Dienstleistungsidee bis zur Marktleistung. Dabei sind im Wechselspiel die Aufgaben Dienstleistungskonzipierung, Dienstleistungsplanung sowie Dienstleistungsintegration zu bearbeiten. Die Konzipierung umfasst die Integration von Prozess, Werkzeug und Personal: Prozess stellt die ablauforientierte Sicht auf der Dienstleistung dar; Werkzeuge umfasst alle erforderlichen (physischen/technischen) Ressourcen und Personal subsumiert die notwendigen Fähigkeiten zur Erbringung der Dienstleistung [GAD+14, S. 13f.].

[13] Aufgrund des zunehmenden Stellenwerts von Dienstleistungen im Kontext hybrider Produkte wurde das etablierte Modell des Produktentstehungsprozesses (3-Zyklen-Modell) um den vierten Zyklus Dienstleistungsentwicklung erweitern [GAD+14], S. 11ff.], [GP14, S. 25ff.].

Vierter Zyklus: Produktionssystementwicklung, Digitale Fabrik

Ausgangspunkt des Zyklus ist die Konzipierung des Produktionssystems, die im Wechselspiel mit der Produktkonzeption auszuarbeiten ist. Sie behandelt und integriert die vier Aspekte Arbeitsablaufplanung, Arbeitsmittelplanung, Arbeitsstättenplanung und Produktionslogistik. Es erfolgt die Integration zu einem verifizierten Produktionssystem. Die Begriffe Digitale Fabrik bzw. Virtuelle Produktion verdeutlichen, dass ebenfalls rechnerinterne Modelle gebildet und analysiert werden [GAD+14, S. 12], [GP14, S. 26].

Ein **Geschäftsmodell** – als aggregiertes Abbild unternehmerischer Geschäftslogik – vermittelt gemäß AL-DEBEI/AVISON sowie OSTERWALDER/PIGNEUR zwischen Geschäftsstrategie und Wertschöpfungsprozessen[14] [AA10, S. 370f.], [OP02, S. 2]. Es wird im Rahmen der Geschäftsplanung erarbeitet und bildet die Grundlage zur weiteren Konkretisierung. Dieser Einordnung wird auch im Rahmen dieser Arbeit gefolgt (siehe Bild 2-15).

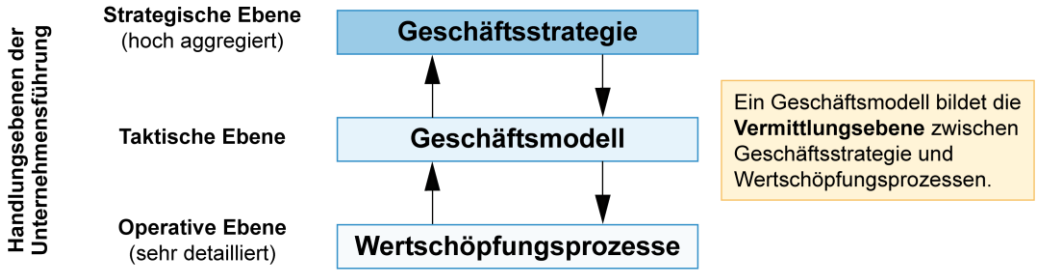

Bild 2-15: Geschäftsmodell als Vermittlungsebene zwischen Geschäftsstrategie und Wertschöpfungsprozessen in Anlehnung an [AA10, S. 371], [Leh14, S. 21]

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Kern der Arbeit ist die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen. Die angestrebte Spezifikationstechnik ist daher insbesondere an den Schnittstellen zwischen Geschäftsplanung, Produktkonzipierung, Dienstleistungskonzipierung und Produktionssystemkonzipierung einzuordnen. Wertschöpfungssysteme bilden die Grundlage zur Operationalisierung von Geschäftsmodellen und beschreiben die Leistungserstellung der Marktleistung. In der Literatur wird das Wertschöpfungssystem als eine wesentliche Komponente bei der Betrachtung von Geschäftsmodellen[15] gesehen [OP10, S. 16ff.], [SSL05, S. 202], [Wir13, S. 120ff.], [AA10, S. 367].

[14] An dieser Stelle werden unter dem Begriff Wertschöpfungsprozesse jegliche Prozesse zur Leistungserstellung (z. B. Prozesse zur Fertigung, Prozesse zur Dienstleistungserbringung) verstanden (vgl. Abschnitt 2.2.2).

[15] Eine ausführliche Diskussion von Ansätzen der Geschäftsplanung bezogen auf Wertschöpfungssysteme erfolgt in Abschnitt 3.4.1.

2.4 Planung der industriellen Wertschöpfung

Das primäre Ziel unternehmerischer Tätigkeiten ist Gewinne zu erwirtschaften und Renditen zu erzielen. Dafür bedarf es Kunden mit einem entsprechenden Bedarf und einer Zahlungsbereitschaft für die erbrachte Leistung, die höher ist als die zur Erbringung eingesetzten Ressourcen. Eine effektive und effiziente Leistungserstellung wirkt sich positiv auf das Unternehmensergebnis aus. Die Erbringung der Leistung ist allerdings ein herausfordernder Aufgabenkomplex mit einer Vielzahl an beteiligten Akteuren (z. B. Einkauf, Logistik, Fertigung). Oftmals schließen sich Akteure unternehmensübergreifend zusammen, um durch Aufgabenteilung Effizienzsteigerungen zu erzielen [BBB+12, S. 3f.]. Vor diesem Hintergrund bekommt die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen eine besondere Bedeutung. Wertschöpfungssysteme bilden durch die Schnittstellen zu beteiligten Akteuren einen unternehmensübergreifenden Kontext ab. Daher adressiert Abschnitt 2.4.1 zunächst den Aufbau von Wertschöpfungssystemen mit den theoretischen Grundlagen von Wertketten, der Prozessorientierung der Leistungserstellung sowie den Wechselwirkungen der Akteure. In Abschnitt 2.4.2 wird davon ausgehend das Zusammenspiel von Marktleistung und Leistungserbring im Kontext der Planung derartiger Systeme erläutert.

2.4.1 Aufbau von Wertschöpfungssystemen

Ein Wertschöpfungssystem ist im Sinne des eingeführten Begriffsverständnisses (vgl. Abschnitt 2.1.3) Teil eines übergeordneten Gesamtsystems. Die theoretische Untersuchung der Wertschöpfung erfolgt auf drei aufeinander aufbauenden Hierarchieebenen: Makroebene, Mesoebene und Mikroebene [Jan10, S. 11f.] (siehe Bild 2-16).

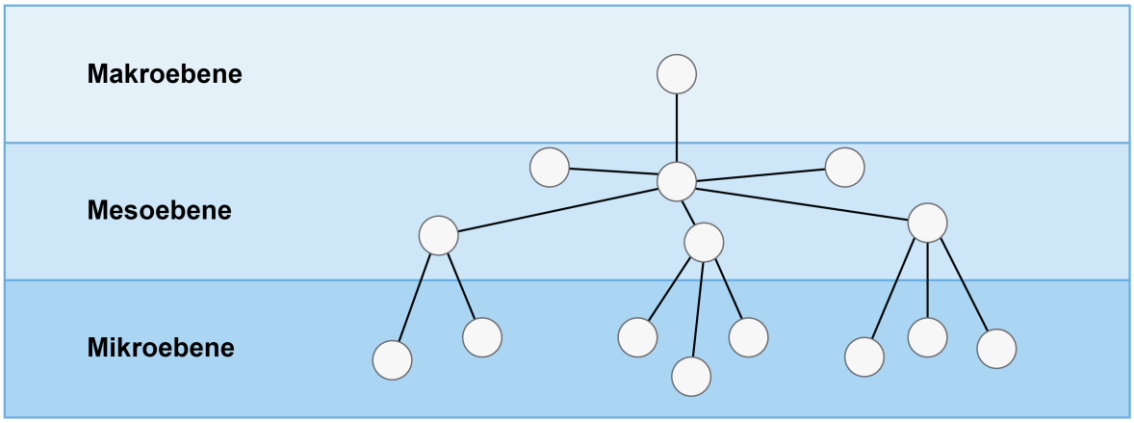

Bild 2-16: Hierarchieebenen der Wertschöpfung nach JANELLO [Jan10, S. 12]

Die **Makroebene** fokussiert die volkswirtschaftliche, makroökonomische Perspektive und erfasst z. B. den Beitrag von Wirtschaftssektoren zum Nationaleinkommen. Die **Mesoebene** berücksichtigt die zwischenbetriebliche Wertschöpfung innerhalb einer Branche. Die **Mikroebene** umfasst die innerbetriebliche Wertschöpfung und betrachtet dabei z. B. die Wertschöpfungsprozesse und -ressourcen [Jan10, S. 11f.]. Die Strukturierung

nach Hierarchieebenen unterstützt das Verständnis über Veränderungen auf den Ebenen und die Auswahl geeigneter Methoden.

Die von PORTER eingeführte Wertkette[16] ordnet sich auf der Mikroebene ein (siehe Bild 2-17). Sie zielt auf die Analyse und Bewertung von Wettbewerbsvorteilen eines Unternehmens ab. Unternehmen werden dabei als Ansammlung von primären und unterstützenden Wertschöpfungsaktivitäten betrachtet [Por14, S. 63ff.], [VDI15, S. 21].

Bild 2-17: Wertkette nach PORTER [Por14, S. 64]

Primäre Wertschöpfungsaktivitäten leisten einen direkten Beitrag zur Leistungserstellung. Sie benötigen dazu zentrale Ressourcen, die von den **unterstützenden Aktivitäten** bereitgestellt werden. Unterstützende Aktivitäten können sich sowohl auf die gesamte Wertkette verteilen als auch gezielt einzelne Primäraktivitäten unterstützen [Por14, S. 61ff.]. Die Wertkette wird unternehmensspezifisch auf physischer Ebene ausgeprägt [Por14, S. 75ff.], [SL02, S. 28]. Die erstellte Leistung als Ergebnis der Wertkette wird an ein anderes Unternehmen oder an Kunden weitergegeben.

PORTERS Wertkette zielt primär auf die funktionsorientierte Betrachtung ab; jede Aktivität entspricht einer spezifischen Funktion. Ergebnis der Funktionsorientierung ist die **Aufbauorganisation**. Diese vertikale Sicht legt die hierarchische Gliederung sowie die Weisungsbefugnisse fest. Die **Prozessorganisation** ist die horizontale Sicht, d. h. eine Gliederung entsprechend der Leistungserstellung. Durch Abbildung der Prozess- auf die Aufbauorganisation zeigt sich die **Ablauforganisation**. Sie ordnet den Leistungserstellungsprozessen die aufbauorganisatorischen Funktionseinheiten zu [GP14, S. 238].

[16] Eine Wertkette beschreibt eine Abfolge von Aktivitäten eines Unternehmens, durch die die Marktleistung entworfen, hergestellt, vertrieben, ausgeliefert und unterstützt wird [Por14, S. 65].

Die skizzierten Veränderungen sowohl der Marktleistung (siehe Abschnitt 2.2.1) als auch der damit einhergehenden Leistungserstellung (siehe Abschnitt 2.2.2) erfordern ein Umdenken bei der Gestaltung durchgängiger, effizienter Prozessketten. Grundlage dafür sind die **beteiligten Akteure** sowie ihr Bewusstsein für das **Prozessergebnis** und die Kundenzufriedenheit (siehe Bild 2-18). Erfolgsfaktor ist eine zielgerichtete **Zusammenarbeit** über Abteilungsgrenzen und Fachdisziplinen hinweg [GP14, S. 238].

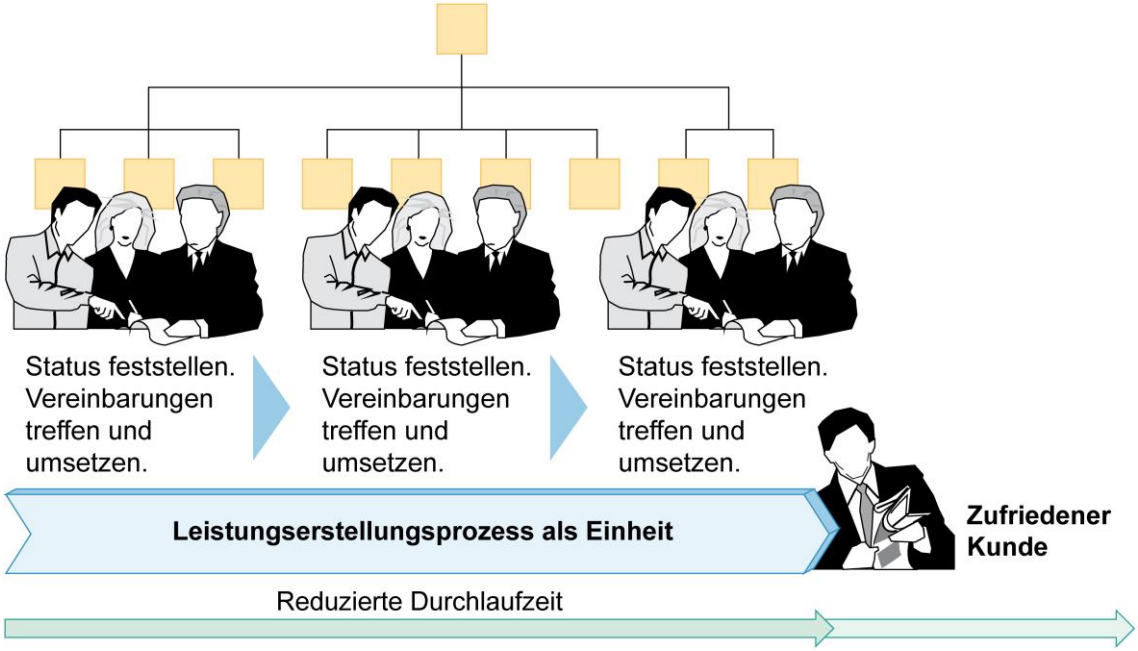

Bild 2-18: Prozessorientierung in Anlehnung an [GP14, S. 239]

Ein Unternehmen ist jedoch kein geschlossenes System, das Leistungen von einem Unternehmen empfängt, diese transformiert und das Ergebnis an seine Kunden weitergibt; vielmehr bestehen während der gesamten Transformation unzählige Schnittstellen zur Umwelt. Über die Arbeitsteilung innerhalb eines Unternehmens hinaus besteht in der Regel auch eine Arbeitsteilung zwischen den Akteuren innerhalb eines Wertschöpfungssystems, d. h. einige Teilleistungen werden selbst erbracht, andere übernehmen Partner innerhalb des Systems. Vor diesem Hintergrund stehen die **Akteure** oftmals **in Beziehung zu einander** (z. B. Finanz-, Informations- oder Leistungsaustausch) [BBB+12, S. 5ff.], [DCD+14, S. 5008ff.], [GHK+15, S. 5ff.], [MHP08, S. 182ff.] (siehe Bild 2-19).

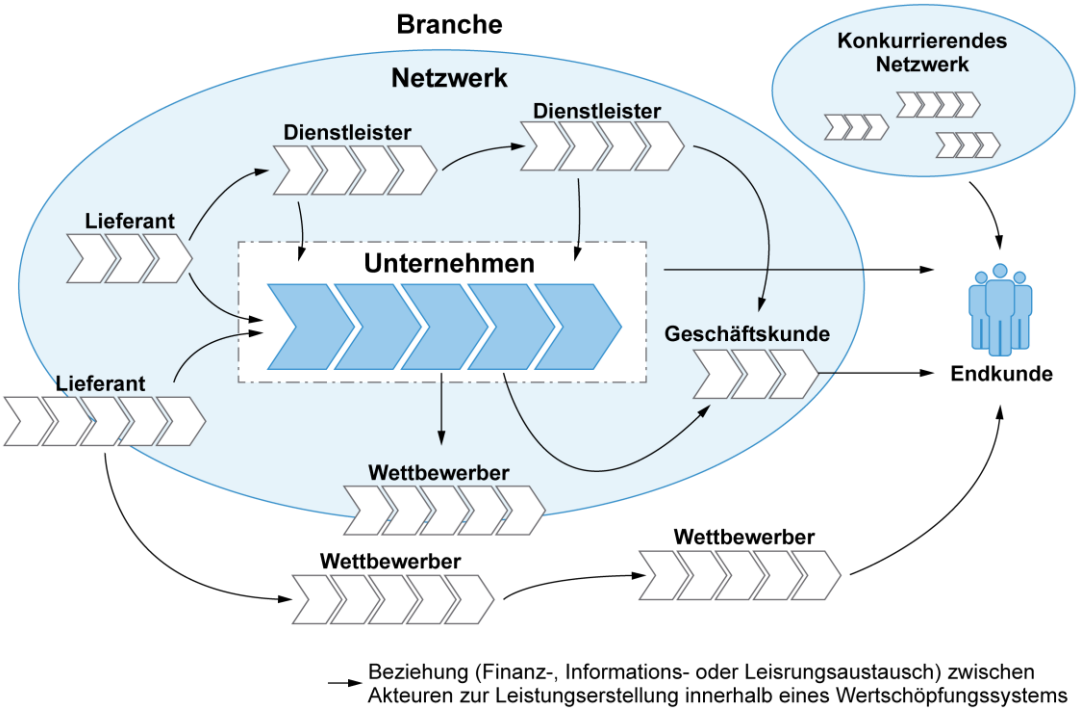

Bild 2-19: Struktur eines Wertschöpfungssystems in Anlehnung an [BBB+12, S. 6], [DCD+14, S. 5011], [MHP08, S. 184] (vgl. Abschnitt 2.1.3)

Grundsätzlich bestehen die Optionen Eigenerstellung, Fremderstellung und Kooperation [SM15, S. 34f.]. Die Wertschöpfung wird dadurch von der Mikro- auf die Mesoebene erweitert. Es ist eine zentrale unternehmerische Entscheidung, die Grenze des Systems zu definieren [ZSM04, S. 220ff.], [Jan10, S. 14], [BBB+12, S. 5ff.]. Grundlage für die Verknüpfung von Wertketten zu Wertschöpfungssystemen sind Informations- und Kommunikationstechnologien. Diese bieten nicht nur die Möglichkeit betriebliche Informationen zu speichern, auszuwerten und Prozesse zu unterstützen und zu optimieren (i. S. v. Informationsbeziehungen), sondern vielmehr beeinflussen sie durch datenbasierte Dienstleistungen und neuartige Erlösmodelle (z. B. Pay per Use) auch Leistungserstellungs- und Finanzbeziehungen. Unternehmen sehen darin insbesondere neue Möglichkeiten zur Auslagerung von Geschäftsprozessen, um die Leistungsfähigkeit ihrer Marktleistung und des gesamten Wertschöpfungssystems zu steigern[17] [GWE+17, S. 35ff.], [Bun15, S. 16], [RS95, S. 75ff.], [PH15, S. 9]. Unter strategischen Gesichtspunkten erscheint es sinnvoll, die Leistungserstellung stringent mit den beteiligten Wertschöpfungspartnern zu planen [BBB+12, S. 5ff.].

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Die Hierarchieebenen strukturieren den vielschichtigen Themenkomplex und verdeutlichen den Übergang von der innerbetrieblichen Wert-

[17] In einer Umfrage des Instituts für Innovation und Technik (iit) stimmen 64 % der befragten Unternehmen der Hypothese zur, dass durch die Digitalisierung neue Möglichkeiten zur Auslagerung von Geschäftsprozessen entstehen [Bun15, S. 16].

kette zu einem übergreifenden, interorganisationalen System. Eine Vielzahl an Schnittstellen nicht nur innerhalb eines Unternehmens, sondern insbesondere zwischen den Organisationen eines Wertschöpfungssystems ist die Folge. Unter strategischen Gesichtspunkten ist es sinnvoll, die einzelnen Teilaktivitäten im Sinne des Gesamtsystems zu betrachten. In diesem Kontext spielt die Definition der Eigen- und Fremdleistung eine entscheidende Rolle; sie legt die Systemgrenze und den Rahmen zur Gestaltung der Prozessorganisation fest. Hierbei ist die zielgerichtete Zusammenarbeit von Akteuren über Abteilungs- und Unternehmensgrenzen sowie Fachdisziplinen ein Erfolgsfaktor.

2.4.2 Planung von Wertschöpfungssystemen

Marktleistungen werden grundsätzlich durch Wertschöpfungssysteme erbracht (siehe Abschnitt 2.2.2); analog zu den Lebenszyklusphasen von Marktleistungen existieren unterschiedliche Sichten auf Wertschöpfungssysteme (siehe Bild 2-20). Unterschiedenen werden die Sichten für die Entwicklung, die Erstellung sowie die Nutzung der Marktleistung [VK13, S. 4ff], [PH15, S. 4ff.].

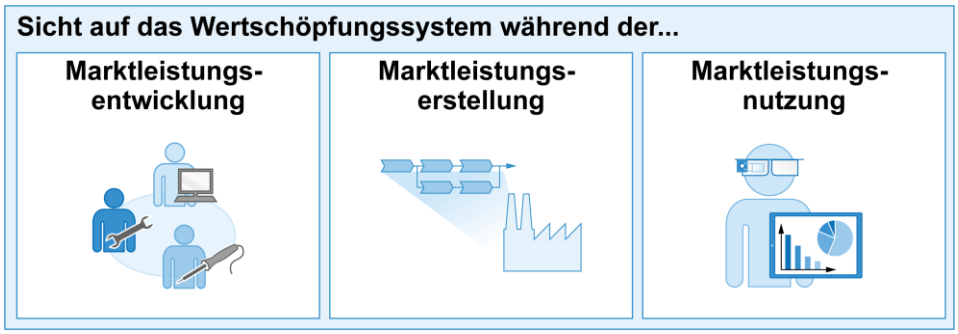

Bild 2-20: Sichten auf Wertschöpfungssysteme in Anlehnung an [VK13, S. 8], [PH15, S. 4ff.]

Die **Marktleistungsentwicklung** adressiert die Bereiche Planung und Entwicklung der Produkte und Dienstleistungen. Ziel sind Wettbewerbsvorteile zum Beispiel durch innovative Marktleistungskonzepte. Die **Marktleistungserstellung** fokussiert die eigentliche Herstellung (z. B. Produktion, Montage) der Marktleistung. Beteiligte Partner besitzen in der Regel komplementäre Kompetenzen und ergänzen sich in ihren Wertschöpfungsaktivitäten. Kooperationsgründe sind, dass alle Teilaktivitäten im Sinne der Gesamtleistung durch das Kollektiv günstiger, besser oder schneller erbracht werden können. Die **Marktleistungsnutzung** zielt vor allem auf die Generierung und Auswertung von Daten während der Nutzung oder des Konsums der Marktleistung ab [PH15, S. 4ff.]. Zwischen der Entwicklungs-, Erstellungs- und Nutzungssicht existieren Wechselwirkungen, wodurch sich ein zusammenhängendes **Wertschöpfungssystem** zur Entstehung von Marktleistungen ergibt [VK13, S. 4ff.], [BBB+12, S. 6]. Weitere Sichten wie Logistik, Marketing und Vertrieb ergeben sich beispielsweise durch die Funktionsorientierung (siehe Abschnitt 2.4.1).

Oftmals entstehen Wertschöpfungssysteme durch gezielte Entscheidungen der Unternehmensführung (z. B. Umsetzung neuer Geschäftsmodelle), oder bauen auf historisch gewachsenen Strukturen auf (z. B. Einführung neuer Fertigungstechnologien) [WSK08, S. 90], [EGK+16, S. 50]. Eine Orientierungshilfe bei der Planung bietet in beiden Fällen der Lebenszyklus von Wertschöpfungssystemen. Dieser umfasst drei Hauptphasen: Initiierung, Betrieb und Weiterentwicklung (siehe Bild 2-21).

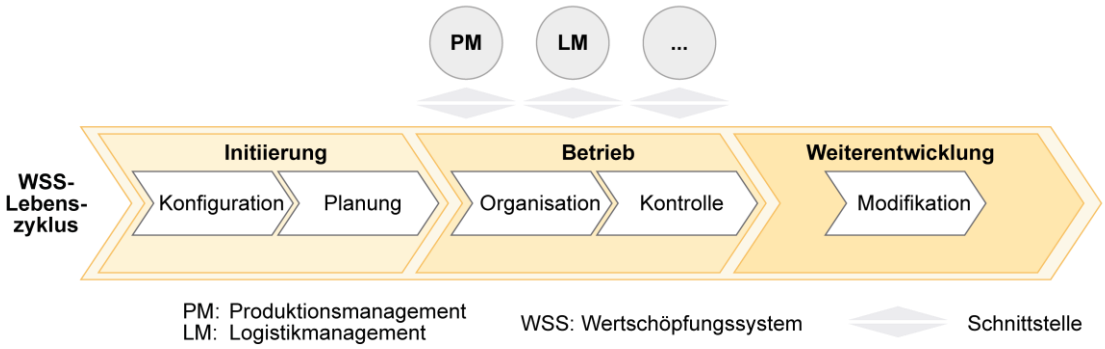

Bild 2-21: Lebenszyklus von Wertschöpfungssystemen in Anlehnung an [WSK08, S. 90]

Gegenstand der **Initiierungsphase** ist die Konfiguration und Planung des Wertschöpfungssystems. Die Konfiguration bezieht sich auf die Aufnahme und Analyse des etablierten Systems. Zur Planung gehören unter anderem die Auswahl von Wertschöpfungspartnern, die Ermittlung zukunftsrelevanter Fähigkeiten und Ressourcen sowie die ganzheitliche Ausrichtung des Wertschöpfungssystems. In der **Betriebsphase** wird die Strategie operationalisiert. Es werden Indikatoren zur organisationalen sowie strategischen Kontrolle und Messung der Leistungsfähigkeit definiert. Operativ unterstützen in dieser Phase z. B. das Logistikmanagement und das Produktionsmanagement. Die Modifikation des Wertschöpfungssystems erfolgt im Rahmen der **Weiterentwicklung**; etablierte Partner scheiden aus, neue Wertschöpfungspartner werden (z. T. dynamisch und ad-hoc) integriert [WSK08, S. 90ff.].

Eine Synchronisation zwischen den Lebenszyklen hybrider Leistungsbündel und Wertschöpfungssystemen offenbart verschiedene **Schnittstellen** (siehe Bild 2-22): (1) Im Rahmen der Planung von Marktleistungen wird ein Geschäftsmodell mit ersten Aktivitäten, Ressourcen und Partnern entwickelt, die auf Seiten der Initiierung von Wertschöpfungssystemen aufgegriffen und konkretisiert werden. (2) Die Indikatoren zur Leistungskontrolle betreffen gleichermaßen Sach- und Dienstleistungen. Die Erstellung der Marktleistung findet während der Betriebsphase statt, daher existieren Wechselwirkungen mit der Implementierung und Nutzungsphase des hybriden Leistungsbündels. Ein Beispiel ist die vorausschauende Wartung, bei der ein Produkt während der Nutzung Daten an den Kundendienst übermittelt, woraufhin auf Basis ausgewerteter Daten die entsprechende Dienstleistungserbringung ausgelöst wird. (3) Erfolgt während der Nutzung eines hybriden Leistungsbündels eine Funktionserweiterung durch Softwareupdates, ist das Wertschöpfungssystem dahingehend zu modifizieren (vgl. Abschnitt 2.2) [PH15, S. 4ff.].

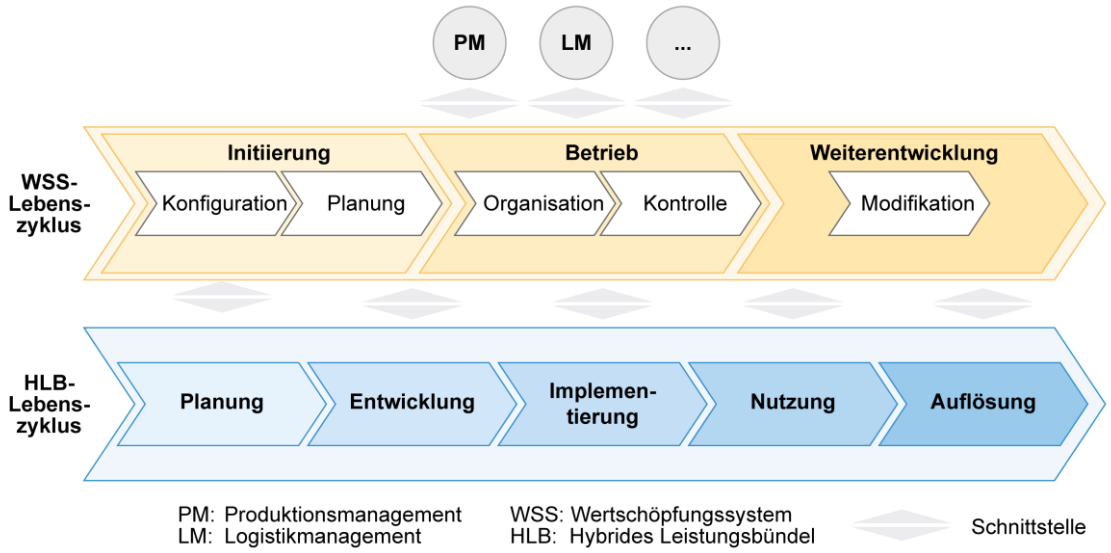

Bild 2-22: Schnittstellen zwischen den Lebenszyklen hybrider Leistungsbündel und Wertschöpfungssystemen

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Die Wechselwirkungen zwischen den Lebenszyklen von hybridem Produkt und Wertschöpfungssystem zeigen, wie eng die Wechselwirkungen zwischen Marktleistung und Leistungserstellung sind. Vor diesem Hintergrund erscheint eine Unterstützung bei der Planung von Wertschöpfungssystemen sinnvoll. Des Weiteren zeigen die unterschiedlichen Sichten von Wertschöpfungssystemen die Vielschichtigkeit von Wertschöpfungssystemen. Die hier vorliegende Arbeit zielt vornehmlich auf die Planung von Wertschöpfungssystemen ab. Umso mehr stellt sich eine integrative Betrachtung der Planung von Marktleistung und Wertschöpfungssystem als zielführend heraus.

2.5 Einordnung in die Theorie des Systems Engineering

Die beiden Abschnitte 2.3 und 2.4 haben aufgezeigt, dass die Herausforderungen an den Schnittstellen zwischen der Planung der Marktleistung und der Planung des Wertschöpfungssystems vielfältig sind. Die Schnittstellen sind von Interdisziplinarität in Kommunikation und Kooperation geprägt. Ein vielversprechender Ansatz derartigen Herausforderungen zu begegnen ist das Systems Engineering (SE) [GDS+13, S. 6ff.].

Systems Engineering versteht sich als durchgängiger, fachdisziplinübergreifender Ansatz für die Entwicklung technischer Systeme [GDS+13, S. 20], [INC14, S. 17ff.]. Kern ist das Systemdenken, mit dem das Verständnis und die Beherrschung komplexer Systeme sowie die Orchestrierung involvierter Akteure ermöglicht wird [HWF+12, S. 27ff.], [Kai14, S. 17]. HITCHINS beschreibt mit seiner allgemeingültigen Definition die Kernphilosophie von SE als

> *„art and science of creating whole solutions to complex systems“* [Hit07, S. 91].

Historisch betrachtet trat SE immer dann auf den Plan, wenn die Herausforderung durch eine neue Form der Komplexität geprägt war. Die Wurzeln des Systems Engineering liegen in der philosophischen Diskussion zur allgemeinen Systemtheorie. BERTALANFFY kritisiert die deduktiven Verfahren der Naturwissenschaften, welche Einzelphänomene isoliert betrachten [Ber84, S. 17ff.]. Vielmehr müssten für eine systemorientierte Betrachtung die Phänomene in ihrer Vernetzung beschrieben werden [GDS+13, S. 22]. Beginn des industriellen Einsatzes von SE waren in den 40er Jahren die Bell Laboratories. Das interdisziplinäre Systemdenken spielte eine zentrale Rolle bei der Planung von Telekommunikationsnetzwerken. Für militärische Luft- und Raumfahrtprogramme weiterentwickelt, setzten sich die Konzepte des Systems Engineerings letztendlich ab Ende der 50er Jahre durch [Hit07, S. 245ff.], [GDS+13, S. 22]. Zahlreiche Handbücher, Best Practices und Standards dieser Zeit dokumentieren den Durchbruch. Heutzutage treiben weltweit verschiedene Interessengruppen das Systems Engineering in seinen vielfältigen Facetten voran: Vom Anforderungsmanagement über das Projektmanagement bis zur modellbasierten Verifikation und Validierung. Als ein exponierter SE-Schwerpunkt hat sich die durchgängige Beschreibung und Analyse des zu entwickelnden Systems auf Basis disziplinübergreifender rechnerintegrierter Systemmodelle (Model-Based Systems Engineering) herauskristallisiert [GDS+13, S. 22ff.].

Im Folgenden werden daher das Systems Engineering-Konzept nach HABERFELLNER ET AL. (vgl. Abschnitt 2.5.1) und das Model-Based Systems Engineering (vgl. Abschnitt 2.5.2) vorgestellt. Anschließend erfolgt eine Einordnung von Wertschöpfungssystemen in das 5-Ebenen-Modell nach HITCHINS (vgl. Abschnitt 2.5.3).

2.5.1 Systems Engineering-Konzept nach HABERFELLNER ET AL.

Das Systems Engineering-Konzept nach HABERFELLNER ET AL. stellt eine etablierte Methodik zur Bearbeitung von Problemen[18] dar. Die Lösung des betrachteten Problems wird oftmals durch eine Vielzahl an Faktoren beeinflusst, wie Fach- und Methodenwissen oder Situationskenntnisse. Ziel des SE-Konzepts ist daher die Bereitstellung der methodischen Komponente und die sinnvolle Abstimmung der anderen Faktoren [HWF+12, S. 27]. Das Konzept gliedert sich in drei Ebenen: SE-Philosophie, Problemlösungsprozess und Techniken der Systemgestaltung und des Projektmanagements (siehe Bild 2-23).

[18] HABERFELLNER ET AL. beschreiben ein Problem als Differenz zwischen der gegenwärtigen Situation und dem erwarteten Zielzustand [HWF+12, S. 27].

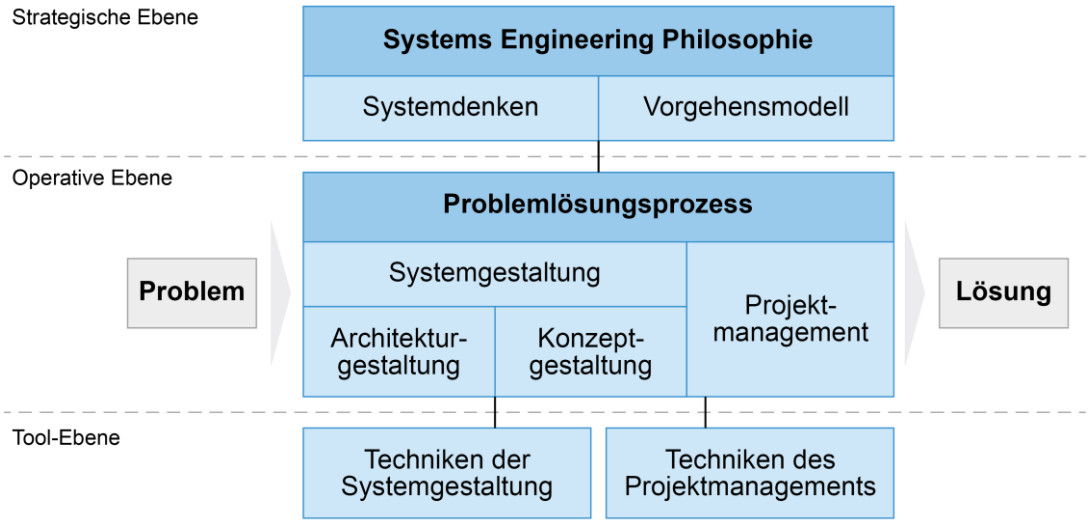

Bild 2-23: Systems Engineering-Konzept nach HABERFELLNER ET AL. *[HWF+12, S. 28], [Ech16, S. 33]*

Die **SE-Philosophie** umfasst das Systemdenken und das Vorgehensmodell. Sie bildet die strategische Ebene und betrachtet das System ganzheitlich. HABERFELLNER ET AL. schlagen hierfür die drei Perspektiven umgebungsorientiert, wirkungsorientiert und strukturorientiert vor [HWF+12, S. 33ff.], [Kai14, S. 17f.], [Ech16, S. 33]. Der **Problemlösungsprozess** beinhaltet die kreativen Aufgaben zur Lösungsfindung (Systemgestaltung) sowie das Projektmanagement mit organisatorischen und koordinativen Aspekten. Die unterste Ebene unterstützt den Problemlösungsprozess mit **Techniken** der Systemgestaltung und des Projektmanagements.

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Das Systemdenken erleichtert das Verständnis und die Gestaltung komplexer Zusammengänge (Wertschöpfungssysteme). Dabei werden die Prinzipien des Systemdenkens durch modellhafte Abbildungen unterstützt. Die Grundgedanken des Vorgehensmodells (SE-Philosophie) fördern das Top-Down-Vorgehen sowie das Denken in alternativen Lösungsmöglichkeiten, welche bei der integrativen Entwicklung von Marktleistungen und Wertschöpfungssystemen häufig vorkommen.

2.5.2 Model-Based Systems Engineering

Die Verwendung von Modellen ist in den Ingenieurwissenschaften für unterschiedliche Einsatzzwecke etabliert (Abschnitt 2.1.4) [Win11, S. 4], [Lin09, S. 11]. Das Systems Engineering stellt das Systemdenken in den Vordergrund einer ganzheitlichen und interdisziplinären Betrachtung (Abschnitt 2.5.1). Beim Model-Based Systems Engineering (MBSE) ist ein **Systemmodell** zentraler Punkt der Entwicklung. Es beschreibt das System fachdisziplinübergreifend sowie für alle beteiligten Fachdisziplinen gleichermaßen les- und nachvollziehbar [GDS+13, S. 36], [IKD+13, S. 337f.], [Kai14, S. 24ff.]. Dadurch ergeben sich besondere Herausforderungen an die **Modellierungssprache**.

Das **Systemmodell** bildet eine fachdisziplinübergreifende Beschreibung des betrachteten Systems. Im Kontext der Produktentstehung kann das Systemmodell in verschiedenen Bereichen unterstützend eingesetzt werden [Kai14, S. 26], [Ech16, S. 35]: Interdisziplinäre Systembetrachtung, Kommunikation und Kooperation, Dokumentation, Analyse des Systems, Übergang in die Konkretisierung, Bindeglied zwischen Produktdaten sowie Verifikation und Validierung (siehe Bild 2-24).

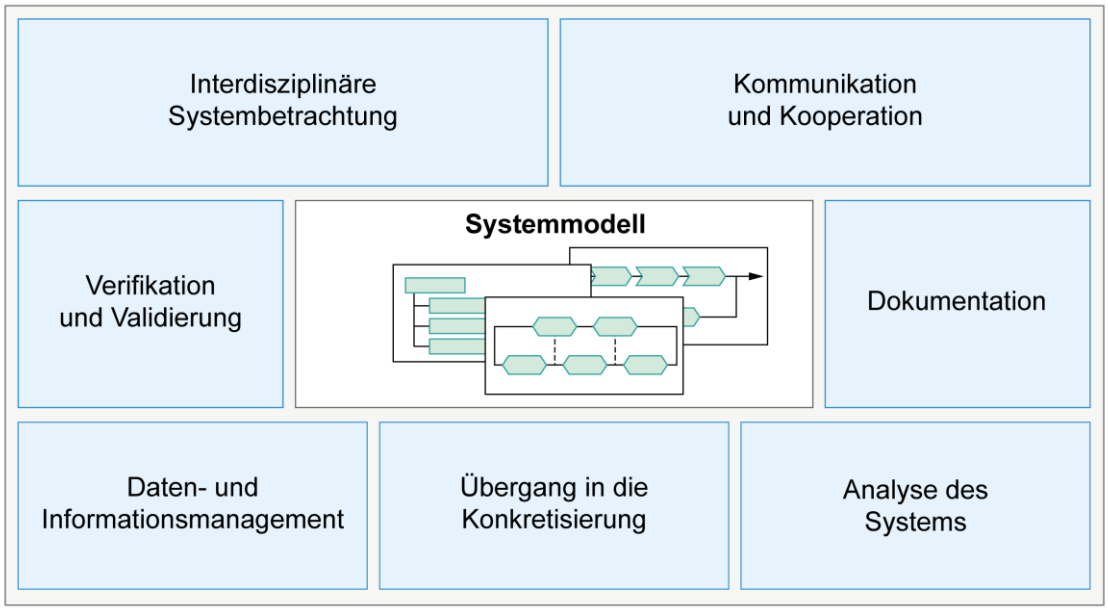

Bild 2-24: Einsatzbereiche des Systemmodells in Anlehnung an [Kai14, S. 27], [Ech16, S. 35]

Grundsätzlich ermöglicht das Systemmodell eine ganzheitliche *interdisziplinäre Systembetrachtung*, wodurch es das Systemdenken fördert. Vor diesem Hintergrund ist zu klären, welche Informationen über das System interdisziplinär sind und das einheitliche Verständnis unterstützen [Kai14, S. 27]. Des Weiteren stellt das Systemmodell die Plattform zur *Kommunikation und Kooperation* für involvierte Akteure dar. Die Beteiligten sind oftmals Experten einzelner Disziplinen, sodass ihre disziplinspezifische Begriffswelt zu Missverständnissen führen kann. Daher ist die zielführende Abstimmung der Beteiligten ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Entwicklung von Systemen. Die graphische Notation ist ein wirksames Mittel, bei allen Beteiligten ein einheitliches Verständnis zu erzeugen [Fra06, S. 44f.], [Kai14, S. 29]. Teilziel des MBSE ist daher ein Ausdrucksmittel, das interdisziplinäre Systemmodellierung ermöglicht. In der Konsequenz wird dadurch ein umfassendes, bereichsübergreifendes Systemverständnis erzeugt [Kai14, S. 30] [Ech16, S. 35f.]. Heutzutage entstehen im Rahmen der Produktentstehung diverse fachdisziplinspezifische Modelle. Änderungen werden oftmals nicht protokolliert und ausschließlich in den spezifischen Modellen eingepflegt. Zudem birgt es die Gefahr, dass indirekte Zusammenhänge nicht erkannt und zuständige Dritte nicht informiert werden. Inkonsistenzen sind die Folge und führen i.d.R. zu zeit- und kostenintensiven Iterationsschleifen. Die

Dokumentation des Systemmodells leistet daher einen Beitrag, die notwendigen Informationen bereitzuhalten und durch eine darauf aufbauende *Analyse des Systems* gegenwärtige oder zukünftige Zusammenhänge zu erkennen [Kai14, S. 31], [Ech16, S. 36], [HWF+15, S. 371]. Die kooperative Erarbeitung des Systemmodells bildet die Grundlage für die *Konkretisierung* innerhalb der einzelnen Fachdisziplinen. Im Entwicklungsgeschehen unterstützt das Systemmodell ein durchgängiges *Daten- und Informationsmanagement*. Die im Systemmodell enthaltenen Daten und Informationen werden von den Fachdisziplinen weiterverwendet und Änderungen entsprechend angepasst. Aufgrund der Verknüpfung von Informationen sind Anpassungen im Systemmodell für alle Beteiligten nachvollziehbar. Dies stellt die horizontale (über alle Aspekte im Systemmodell) und vertikale (zwischen dem Systemmodell und spezifischen Modellen) Konsistenz der Daten sicher. Unter Berücksichtigung der im Systemmodell enthaltenen Informationen unterstützt es die *Verifikation und Validierung* [Kai14, S. 31].

Die Beschreibung eines Systemmodells erfolgt mithilfe von drei Bausteinen: Sprache, Methode und Werkzeugunterstützung [FMS12, S. 16ff.], [Kai14, S. 26], [IKD+13, S. 339] (siehe Bild 2-25).

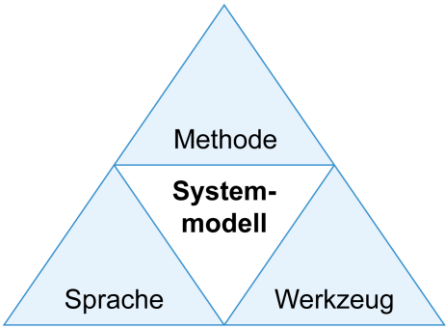

Bild 2-25: Bausteine zur Beschreibung des Systemmodells in Anlehnung an KAISER ET AL. [IKD+13, S. 339], [Kai14, S. 27]

Eine abgestimmte Kombination dieser ermöglicht den wirksamen Einsatz des Systemmodells im Unternehmenskontext. Die Modellierungssprache ist dabei zentrales Ausdrucksmittel. Die Methode legt die Art und Weise sowie den Zweck der Anwendung der Modellierungssprache fest. Die Darstellung der Modelle erfordert ein Werkzeug [Kai14, S. 26], [Est08, S. 2ff.], [RFB12, S. 101ff.].

Eine **Modellierungssprache** ist ein für alle Disziplinen gleichermaßen lesbares und verständliches Ausdrucksmittel zu Beschreibung des Systemmodells (Abschnitt 2.1.4) [FMS12, S. 16ff.], [IKD+13, S. 339], [Kai14, S. 34]. Bevorzugt werden semiformale Modellierungssprachen für die interdisziplinäre Beschreibung des Systemmodells. Formale Sprachen hemmen die Kreativität der Beteiligten und führen zu Akzeptanzproblemen bei den Anwendern [Kai14, S. 34f.], [Moo09, S. 756ff.].

Zur Modellierung des Systemmodells werden vorwiegend graphische Notationen angewandt. Sie spielen ihre spezifischen Vorteile bei der effektiven und effizienten Bearbeitung und der Wahrnehmung aus [SFP+09, S. 612ff.], [Kai14, S. 35]. Häufig werden die Vorteile jedoch nicht vollständig genutzt, weil die Bedeutung der Sprachdefinition unterschätzt wird [JWK+08, S. 5ff.], [Moo09, S. 756ff.]. Während die abstrakte Syntax und die Semantik exakt definiert werden, wird die visuelle Repräsentation oftmals als trivial betrachtet. Der graphischen Notation wird oftmals ein rein ästhetischer Charakter beigemessen [Ech16, S. 37], [Moo07, S. 481ff.]. Eingängige Visualisierungen beeinflussen jedoch maßgeblich das Modellverständnis; Menschen erfassen 75 % ihrer Umgebung visuell und leiten daraus Informationen ab. Visualisierungen helfen bei der Analyse und Interpretation komplexer Zusammenhänge [Zec17-ol]. Eine Untersuchung unterstreicht die Aussage: 78 % der Befragten halten Visualisieren bei Geschäftskommunikation für wichtig [KPW13, S. 44]. Die graphische Notation dient der Übermittlung einer Nachricht von einem Sender an einen Empfänger. Der Modellersteller nutzt die Symbolik zur Codierung seiner Nachricht. Der Modellnutzer muss diese decodieren, um die eigentliche Nachricht zu empfangen [Kai14, S. 36], [Moo09, S. 756ff.] (siehe Bild 2-26). Die erfolgreiche Übermittlung der Nachricht hängt im Wesentlichen von einer eindeutigen Symbolauswahl ab [Kai14, S. 36].

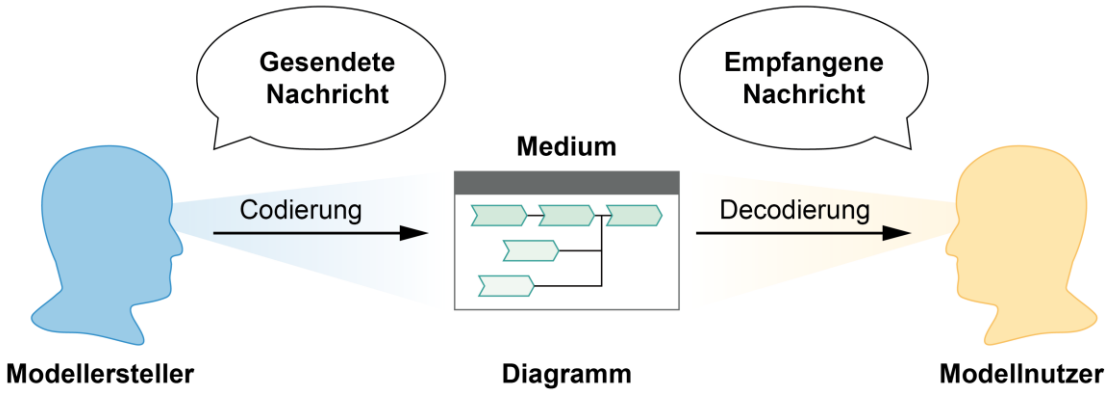

Bild 2-26: Theorie der Kommunikation unter Einsatz graphische Notation in Anlehnung an [Moo09, S. 756ff.], [Kai14, S. 36], [Ech16, S. 38]

Ein zentraler Faktor bei der Auswahl einer geeigneten Modellierungssprache ist die Benutzungsfreundlichkeit der Sprache: Erlernbarkeit, Einprägsamkeit, Effektivität, Effizienz, visuelle Wahrnehmbarkeit sowie Benutzerzufriedenheit [SRC10, S. 15ff.]. *Erlernbarkeit* und *Einprägsamkeit* zielen darauf ab, dass sich Benutzer die Sprache schnell aneignen und diese auch nach längerer Zeit ohne ihre Anwendung noch beherrschen. *Effektivität* und *Effizienz* kennzeichnen die fehlerfreie, schnelle Modellerstellung durch den Benutzer. Die visuelle *Wahrnehmbarkeit* beschreibt die definierten Elemente (Formen, Farben). Die einzelnen Faktoren wirken sich auf die Benutzerzufriedenheit aus. Diese wird mittels der individuellen Wahrnehmung während der Modellierung und Interpretation gemessen [SRC10, S. 15ff.], [Kai14, S. 37], [Ech16, S. 38f], [Hog10, S. 311ff]. WIE-

DERKEHR ET AL. ergänzen, dass die Bereitstellung einer strukturierten Modellierungsumgebung sowie ein Baukasten mit Grundbausteinen für eine schnelle Fokussierung auf wesentliche Informationen Erfolgsfaktoren für die Wahrnehmung von Modellierungssprachen darstellen. Die Identifikation von Systemrelationen wird durch Fluss- und Beziehungslinien unterstützt, wodurch das Modellverständnis gefördert wird. Darüber hinaus begünstigt eine überschaubare Vielfalt unterschiedlicher Konstrukte die Akzeptanz von Modellierungssprachen, da sie leichter erlernbar sind und Redundanzen vermieden werden. Häufig werden Modelle durch interdisziplinäre Gruppen in Workshops erarbeitet, anschließend aufbereitet und wiederum diskutiert. Digitalisierte Modelle dienen dabei als Diskussionsgrundlage. In diesem Zusammenhang identifizierten WIEDERKEHR ET AL. eine Werkzeugunterstützung für die Modellierung sowohl im Workshop (z. B. in Form eines Kartensets) als auch mithilfe eines Softwarewerkzeugs als wesentliche Erfolgsfaktoren [WEG+15]. S. 4f.], [GDN+10, S. 723ff.].

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Der Einsatz von Modellen als Kommunikationsmittel zur Vereinfachung und Darstellung komplexer Sachverhalte ist in den einzelnen Fachdisziplinen etabliert. Ziel ist ein einheitliches Systemverständnis, welches als Schlüssel für den Erfolg in der Entwicklung gilt. Voraussetzungen dafür sind eine eingängige, benutzungsfreundliche Modellierungssprache, eine Methode zur Anwendung der Sprache sowie eine Werkzeugunterstützung.

2.5.3 5-Ebenen-Modell nach HITCHINS

Das 5-Ebenen-Modell nach HITCHINS strukturiert das Systems Engineering aus Sicht einer angewandten Systemwissenschaft. Er definiert die fünf Anwendungsebenen: Produkt SE, Projekt SE, Unternehmensbezogenes SE, Industriebezogenes SE und Sozioökonomisches SE [Hit07, S. 133ff.] (siehe Bild 2-27).

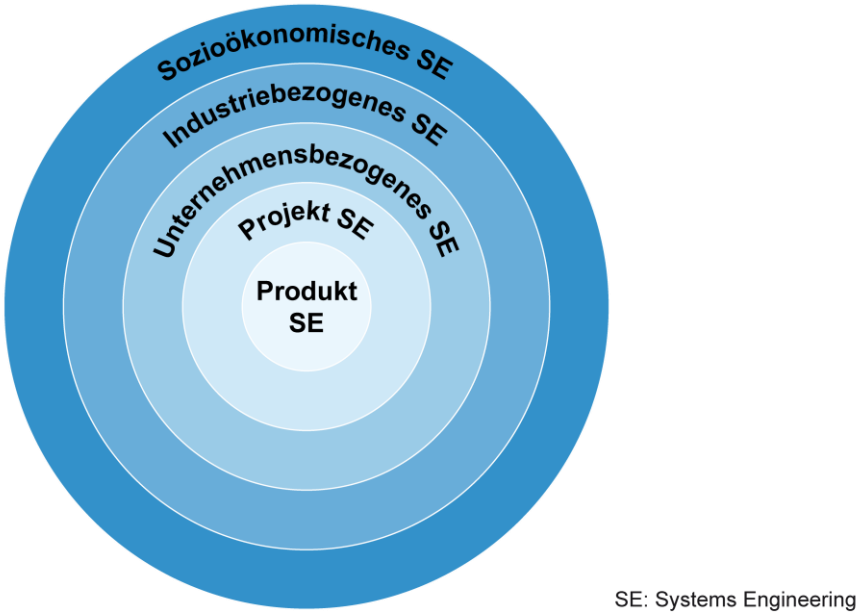

Bild 2-27: Das 5-Ebenen-Modell nach HITCHINS [Hit07, S. 114], [Ech16, S. 63]

Jede Ebene ist integraler Bestandteil der Nachfolgenden, wodurch die fünf Ebenen miteinander vernetzt sind [Hit07, S. 133ff.].

1) Die Ebene **Produkt SE** fokussiert das zu entwickelnde System. Das umfasst das zugrundeliegende Problem, das Lösungskonzept, Funktionen und Beziehungen, die Systemarchitektur sowie notwendige Tests [Ech16, S. 62], [Hit07, S. 114ff.].

2) Die Ebene **Projekt SE** beinhaltet Referenzmodelle sowie Vorgehensweisen zur Planung und Steuerung des Entwicklungsgeschehens; ein Beispiel ist das V-Modell der Softwareentwicklung [Hit07, S. 117ff.], [Ech16, S. 62].

3) Die Ebene **Unternehmensbezogenes SE** betrifft die unternehmensinterne Wertschöpfung. In einem Unternehmen existieren oftmals mehrere Projekte. Zentrale Aufgabe ist daher die Planung und Optimierung des Wertschöpfungssystems [Hit07, S. 120f.].

4) Die Ebene **Industriebezogenes SE** stellt das Wirkgefüge der einzelnen Unternehmen in einem übergreifenden Wertschöpfungssystem in den Mittelpunkt [Hit07, S. 121f], [Ech16, S. 63].

5) Die Ebene **Sozioökonomisches SE** zielt auf das Management der einzelnen Stakeholder ab (Mitarbeiter, Investoren, Behörden etc.). Im Systemkontext verfügen sie über Einflussmöglichkeiten, um ihre unterschiedlichen Ziele zu erreichen [Hit07, S. 122f.], [Ech16, S. 63].

Bedeutung im Kontext der Arbeit: Mit seinem 5-Ebenen-Modell liefert HITCHINS einen Rahmen für eine ganzheitliche Betrachtung des zu entwickelnden Systems. Im Fokus der vorliegenden Arbeit steht die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Somit lässt sich die Arbeit an der Schnittstelle zwischen dem Unternehmensbezogenen SE (Ebene 3) und dem Industriebezogenen SE (Ebene 4) einordnen. Daraus lässt sich ableiten, dass für die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen die Marktleistung als integraler Bestandteil der Ebene 3 anzusehen ist.

2.6 Problemabgrenzung

Die voranschreitende digitale Transformation begünstigt den Wandel von Marktleistungen zu hybriden Leistungsbündeln. Treiber der Veränderung sind vor allem datenbasierte Dienstleistungen und Serviceplattformen (vgl. Abschnitt 2.2.1). Die Verschmelzung von Sach- und Dienstleistungen verändert nicht nur der Wettbewerb innerhalb einer Branche, vielmehr sind Unternehmen als produzierender Dienstleister zukünftig vermehrt über Unternehmensgrenzen hinweg horizontal integriert und vertikal vernetzt. Für Unternehmen besteht daher die Notwendigkeit in global vernetzten Wertschöpfungssystemen zu agieren und weltweit verfügbare Kompetenzen durch Partner einzubinden. Hierdurch steigt die Komplexität und Interdisziplinarität der Leistungserstellung (vgl. Abschnitt 2.2.2).

Die klassischen Wertschöpfungssysteme für das Produktgeschäft sind in den meisten Unternehmen häufig historisch gewachsen und haben sich über viele Jahre bewährt und verfestigt (vgl. Abschnitt 2.4). Die Transformation dieser Wertschöpfungssysteme ist entsprechend hochkomplex. In Unternehmen mangelt es oftmals an ausreichender Expertise und Ressourcen, um die für den Wandel erforderlichen Veränderungen systematisch zu identifizieren und umzusetzen. Angesichts dessen stellt sich vor allem für Unternehmen des produzierenden Gewerbes die Frage, wie die Komplexität bei der Planung zukünftiger Wertschöpfungssysteme beherrscht werden kann. Ein **Lösungsansatz** ist die integrative, disziplinübergreifende Planung des Geschäfts und Wertschöpfungssystems bereits in den frühen Phasen der Produktentstehung. Von besonderer Bedeutung ist eine prägnante Visualisierung der Wechselwirkungen z. B. mit Prozessen der beteiligten Partner innerhalb des Wertschöpfungssystems (vgl. Abschnitt 2.3 und 2.4). Unter Berücksichtigung des Systemdenkens werden das Verständnis und die Beherrschung komplexer Systeme sowie die Orchestrierung involvierter Akteure ermöglicht (vgl. Abschnitt 2.5).

Die integrative Planung von Geschäft und Wertschöpfungssystem verspricht vielfältige **Nutzenpotentiale**, die insbesondere auf eine durchgängige Gestaltung der Gesamtabläufe abzielen (vgl. Abschnitt 2.4): Eine zielgerichtete Zusammenarbeit über Funktionsbereichs- und Unternehmensgrenzen hinweg führt zu einem einheitlichen Verständnis der Leistungserstellung und weniger Iterationsschleifen während des Planungsgeschehens. Die integrative Planung des Wertschöpfungssystems führt somit nachhaltig zu einer effizienteren Leistungserstellung, höherer Qualität der erbrachten Ergebnisse und niedrigeren Kosten [GWE+17, S. 76], [GP14, S. 237ff.]. Die Erschließung dieser Nutzenpotentiale geht mit **Herausforderungen** einher: Hierzu zählen besonders die digitale Transformation des Unternehmens, die Sicherstellung eines einheitlichen Systemverständnisses sowie die Komplexität der Leistungserstellung.

Die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen benötigt daher eine Beschreibung der für das Systemverständnis und Operationalisierung notwendigen Inhalte. Alle Beteiligten müssen während des Planungsgeschehens ein einheitliches Systemverständnis bekommen und ihre spezifischen Sprachbarrieren überwinden. Die hochkomplexe, facettenreiche Planung von Wertschöpfungssystemen muss durch einfache und prägnante Visualisierungen effizient und effektiv unterstützt werden. Es ergeben sich drei grundsätzliche **Handlungsfelder** (siehe Bild 2-28):

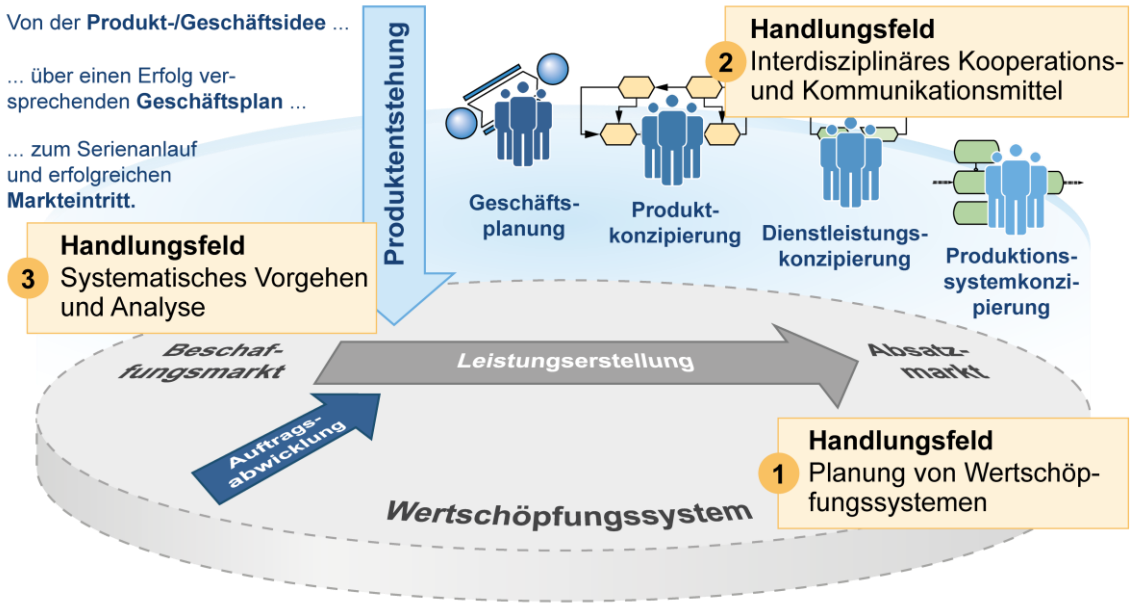

Bild 2-28: Übersicht der Handlungsfelder für die angestrebte Spezifikationstechnik

Handlungsfeld 1: Planung von Wertschöpfungssystemen

Wertschöpfungssysteme sind ein Kernelement eines jeden Unternehmens. Sie bilden das Leistungserstellungssystem für eine effektive und effiziente Erbringung der Marktleistung für den Kunden (vgl. Abschnitt 2.2.2). Die Unternehmen stehen jedoch vor der Aufgabe, Marktleistungen zu entwickeln und über ihren Lebenszyklus ergänzende Dienstleistungen zu integrieren. Marktleistungen beruhen zukünftig nicht mehr nur wie mechatronische Systeme auf dem engen Zusammenwirken von Mechanik, Elektrotechnik/ Elektronik, Regelungstechnik und Software, sondern aus dem Zusammenspiel intelligenter, vernetzter Systeme [PH14, S. 14] (vgl. Abschnitt 2.2.1). Der Wandel ist eine komplexe Aufgabe und bedarf einer strategischen Neuausrichtung des Unternehmens; organisatorische Trägheit und Unwissenheit über zielgerichtete Veränderungen erschweren diesen [GJS16, S. 755] (vgl. Abschnitt 2.4). Damit insbesondere Unternehmen des produzierenden Gewerbes ihre Transformation bewältigen und erfolgreich agieren können, ist es notwendig, die enormen Auswirkungen und die komplexen Zusammenhänge ausgehend von der Geschäftsplanung, über die Planung der Marktleistung und der Wertschöpfung frühzeitig zu berücksichtigen und abzubilden. Die erfolgreiche Transformation erfordert grundlegende, in sich stimmige Anpassungen des Wertschöpfungssystems [SFG04, S. 25], [PH15, S. 4ff.].

Handlungsfeld 2: Interdisziplinäres Kooperations- und Kommunikationsmittel

Der Wandel hin zu hybriden Leistungsbündeln steigert die Komplexität der unternehmerischen Leistungserstellung. Sie ist zunächst jedoch ein abstrakter Sachverhalt, welcher z. B. Produktions- und Serviceprozesse oder Informations- und Finanzbeziehungen unterschiedlicher Fachdisziplinen umfassen kann. Entscheidend ist eine verzahnten Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen (vgl. Abschnitt 2.3). Grundvoraussetzung einer

zielorientierten Zusammenarbeit ist ein gemeinsames Systemdenken und ein einheitliches Systemverständnis (vgl. Abschnitt 2.5). Um sich konstruktiv und gründlich mit den Aspekten des Wertschöpfungssystems zu befassen, sind diese zu beschreiben; und zwar in einer standardisierten Form, die wenig Spielraum für Interpretationen lässt [Bun16, S. 9]. Die Beschreibung ist die Grundlage für die Kommunikation und Kooperation der Fachleute aus den beteiligten Disziplinen im Zuge der – häufig parallel erfolgenden – Konkretisierung. Erschwerend kommt hinzu, dass involvierte Akteure im Zusammenhang mit komplexen Aufgaben (z. B. die Planung der Leistungserstellung hybrider Leistungsbündel) häufig aneinander vorbeireden, da sie sich gedanklich auf unterschiedlichen Ebenen bewegen. Bereichsorientierte Denkweisen sind oftmals zentrale Hürden im Planungsgeschehen.

Handlungsfeld 3: Systematisches Vorgehen und Analyse

Hybride Leistungsbündel eröffnen faszinierende Möglichkeiten im Rahmen einer zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung (vgl. Abschnitt 2.2.2). Sie stellen jedoch gänzlich neue Anforderungen an die Konzeption, Leistungserstellung und Nutzung. Bis es vom Kunden genutzt wird, sind ein enormer Aufgabenkomplex sowie eine Vielzahl unternehmerischer Funktionsbereiche beteiligt [PH15, S. 4ff.] (vgl. Abschnitt 2.2). Es darf dabei nicht übersehen werden, dass die Nutzung von hybriden Leistungsbündeln durch den Kunden am Ende einer gut überlegten Handlungskette zur Leistungserstellung stehen muss: Wirkungsvolle IT-Systeme benötigen wohlstrukturierte Geschäftsprozesse, die wiederum einer Geschäftsstrategie folgen; Geschäftsstrategie und Geschäftsmodell zielen darauf ab, die zukünftigen Erfolgspotentiale zu erschließen [GP14, S. 37f.], [DGK+15, S. 6f.], [GWE+17, S. 18ff.]. Wertschöpfungssysteme leiten sich daher unter anderem aus Geschäftsmodellen ab. Die Grundlage für eine zielgerichtete, effektive Gestaltung zukünftiger Wertschöpfungssysteme bilden in der Regel bestehende Prozesse und Aktivitäten (vgl. Abschnitt 2.4). Diese sind oftmals historisch gewachsen und ermöglichen die Leistungserstellung gegenwärtiger Marktleistungen [GWE+17, S. 67f.], [MSG16, S. 728]. Es liegt auf der Hand, dass es mehr denn je auf ein systematisches Vorgehen und eine Analyse der Ausgangssituation ankommt, um die Potentiale hybrider Leistungsbündel zu erschließen und sich in der Wettbewerbsarena von morgen vorteilhaft zu positionieren [GWE+17, S. 20.].

Aus dem aufgezeigten Lösungsansatz, den skizzierten Nutzenpotentialen und Herausforderungen sowie den geschilderten Handlungsfeldern ergibt sich der **Bedarf** für eine *Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen*. Die Spezifikationstechnik soll Unternehmen des produzierenden Gewerbes befähigen, mittels einfacher Beschreibungsmittel Wertschöpfungssysteme zu erarbeiten und sich als Instrument zur anschaulichen Analyse eignen. Vor dem Hintergrund einer zielorientierten Zusammenarbeit soll die Spezifikationstechnik zentrales Kommunikationsinstrument zur Vermittlung eines einheitlichen Verständnisses des Wertschöpfungssystems darstellen.

Die Forschungsagenda des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) definiert mit dem Schwerpunkt horizontale Integration über Wertschöpfungssysteme[19] und den dazugehörigen Themenfeldern den vorrangigen Forschungsbedarf im Kontext von Wertschöpfungssystemen [Bun16, S. 7ff.]. Die Spezifikationstechnik soll folgende Bestandteile umfassen:

- Eine **Modellierungssprache** als Kern der Spezifikationstechnik. Sie dient der interdisziplinären Beschreibung von Wertschöpfungssystemen und soll die bereichsspezifischen Denkweisen und Begriffswelt durch einfache graphische Ausdrucksmittel aufbrechen. Die Verwendung von Modellen als Grundlage der Kommunikation ist sowohl in den einzelnen Fachdisziplinen als auch fachdisziplinübergreifend etabliert. Dessen Nutzung entlang des gesamten Planungsgeschehens ist ein vielversprechender Ansatz für das Erzeugen eines gemeinsamen Verständnisses des betrachteten Wertschöpfungssystems.
- Die Anwendung der Modellierungssprache soll durch geeignete **Werkzeuge** und Hilfsmittel unterstützt werden. Die Werkzeuge sollen sowohl die Moderation von Workshops als auch die Formalisierung von Workshopergebnissen effizient gestalten. Zudem sollen sie das intuitive Arbeiten in fachbereichs- und unternehmensübergreifenden Teams fördern.
- Die beteiligten Fachleute sollen zudem durch ein systematisches **Vorgehen** zur Spezifikation des Wertschöpfungssystems befähigt werden. Es soll die strategischen Planung von Wertschöpfungssystemen, welche die Grundlage für die Strukturierung, Planung und Analyse der Leistungserstellung bildet sowie die Operationalisierung von Geschäftsmodellen, unterstützen. Dafür ist eine vereinfachte, kontextspezifische Abbildung wesentlicher Inhalte der komplexen Realität erforderlich. Grundlage dafür ist ein Vorgehensmodell, welches eine effiziente Anwendung als Zusammenspiel aus Modellierungssprache und Werkzeugunterstützung forciert.

2.7 Anforderungen an eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen

Die Abschnitte 2.1 bis 2.6 haben die Planung von Wertschöpfungssystemen aus Theorie- und Praxissicht diskutiert. Aus diesen Abschnitten resultieren Anforderungen an eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Dieser Abschnitt liefert Anforderungen an die Planung von Wertschöpfungssystemen, an ein

[19] Die „Horizontale Integration von Wertschöpfungssystemen“ ist eines von sechsübergeordneten Schwerpunkten der Forschungsagenda Industrie 4.0 – Aktualisierung des Forschungsbedarfs des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Die dazugehörigen Themenfelder sind Methoden für zukünftige Geschäftsmodelle, Framework für Wertschöpfungssysteme, Automatisierung von Wertschöpfungssystemen und Logistik 4.0 [Bun16].

interdisziplinäres Kooperations- und Kommunikationsmittel sowie an ein systematisches Vorgehen und eine Analyse.

Anforderungen an die Planung von Wertschöpfungssystemen

A1) Ganzheitliche Beschreibung des Wertschöpfungssystems: Die Veränderung der Marktleistung erfordert häufig eine Anpassung zur Erstellung und Erbringung der Leistung, welche sich von den heutigen operationalisierten Wertschöpfungssystemen unterscheidet (vgl. Abschnitte 2.1.2, 2.2 und 2.4). Die Spezifikationstechnik soll daher die ganzheitliche Beschreibung von Wertschöpfungssystemen ermöglichen und eine differenzierte Systembetrachtung fördern. Dadurch soll die Integrationsfähigkeit des entwickelten Wertschöpfungssystems in den übergeordneten Unternehmenskontext sichergestellt werden.

A2) Kooperation mit Partnern: Wertschöpfungssysteme sind komplexe Gebilde, dessen Gesamtfunktionalität sich erst durch das Zusammenspiel der einzelnen Bestandteile (z. B. Aufbau, Prozesse, Marktleistung) ergibt. Die Planung von Wertschöpfungssystemen ist eine interdisziplinäre Aufgabe mit einer Vielzahl unternehmensinterner und -externer Beteiligten unterschiedlicher Disziplinen (vgl. Abschnitt 2.4.1). Die Spezifikationstechnik soll daher die Kooperation und Kommunikation während des Planungsprozesses fördern und ein gemeinsames Verständnis aller Beteiligten erzeugen.

A3) Gültigkeit für das produzierende Gewerbe: Die Spezifikationstechnik soll als allgemeingültiger Ansatz für Wertschöpfungssysteme des produzierenden Gewerbes gelten. Hierfür muss sie alle relevanten Merkmale zur Beschreibung von Wertschöpfungssystemen und deren Eigenschaften berücksichtigen. Im besonderen Maße soll die Spezifikationstechnik Unternehmen des produzierenden Gewerbes bei ihrer digitalen Transformation hin zu einem produzierenden Dienstleister begleiten. Eine generische Gestaltung ermöglicht eine systemunabhängige Anwendbarkeit und ist zudem Grundlage für eine kontextspezifische Ausprägung (vgl. Abschnitte 2.2.1 und 2.2.2).

Anforderungen an ein interdisziplinäres Kooperations- und Kommunikationsmittel

A4) Einheitliche und graphische Notation: Die Betrachtung von Wertschöpfungssystemen setzt deren systematische Beschreibung voraus [Pla16b, S. 10]. Die Spezifikationstechnik soll dies durch eine geeignete Modellierungssprache unterstützen. Dieses Beschreibungsmittel soll aus einer Syntax und Semantik bestehen. Ziel ist eine semiformale Modellierungssprache, die durch prägnante Visualisierung das intuitive Arbeiten unterstützt und ein domänenübergreifendes Arbeiten im Team fördert (vgl. Abschnitt 2.1.4).

A5) Benutzungsfreundliche Anwendung: Das wesentliche Kriterium für die Wahl einer Modellierungssprache ist ihre benutzungsfreundliche Anwendung. Die Modellierungssprache ist so zu gestalten, dass Modellerstellende im Rahmen ihrer Arbeit unterstützt werden. Als wesentlich gelten hier eine strukturierte Modellierungsumgebung, die Bereitstellung eines Baukastens mit Grundbausteinen, Beziehungen und Verweisen sowie eine geringe Anzahl unterschiedlicher Konstrukte (vgl. Abschnitte 2.4.1 und 2.5.2).

A6) Werkzeugunterstützung: Ein hohes Maß an Emergenz und Komplexität kennzeichnen zukünftige Wertschöpfungssysteme und deren Planung stellt eine zentrale Herausforderung für Unternehmen dar [Pla16b, S. 10]. Selbst einfache Marktleistungen können ein weitverzweigtes, komplexes Wertschöpfungssystem mit einer Vielzahl an Beteiligten sowie Prozessen zur Leistungserstellung und -erbringung zur Folge haben (vgl. Abschnitte 2.4.1 und 2.5). Hierdurch steigt der Beschreibungsumfang und eine manuelle Modellerstellung ist aufwendig. Die Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen soll daher Werkzeug-unterstützt sein und eine Sichtenbildung ermöglichen (vgl. Abschnitt 2.5.2).

Anforderungen an ein systematisches Vorgehen und eine Analyse

A7) Systematisches Vorgehen: Eine systematische Vorgehensweise leitet den Beschreibungsprozess von Wertschöpfungssystemen in strukturierte Bahnen und macht ihn für alle Beteiligten transparent und nachvollziehbar (vgl. Abschnitt 2.4.2). Die einzelnen Arbeitsschritte der Spezifikationstechnik sind präzise zu erläutern und in einer sachlogischen Reihenfolge zu ordnen.

A8) Wiederverwendbarkeit: Ein Wertschöpfungssystem grenzt sich als Teil eines Gesamtsystems durch ein hohes Maß an wechselseitigen Beziehungen von seinem Umfeld ab (vgl. Abschnitte 2.2 und 2.4). Für jedes Wertschöpfungssystem muss die zu betrachtende Systemgrenze bestimmt werden, die sicherstellt, dass nur relevante Akteure betrachtet werden (vgl. Abschnitt 2.4.1). Bei der Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen werden Anwendende häufig mit wiederkehrenden Aufgaben konfrontiert. Aus diesem Grund soll die Spezifikationstechnik durch Wiederverwendbarkeit der Ergebnisse den Aufwand zur Spezifikation des Wertschöpfungssystems reduzieren. Hierzu gilt es, mit der Spezifikationstechnik ein geeignetes Vorgehen bereitzustellen, um den Anwendenden bei der Verwendung bereits erarbeiteter Ergebnisse zu unterstützen.

A9) Unterstützung der Analyse: Der skizzierte Wandel der Marktleistungen und dessen Leistungserstellung verändert das zugrundliegende Wertschöpfungssystem (vgl. Abschnitte 2.2.1 und 2.2.2). Bereits heutzutage setzen Unternehmen konkrete Anwendungen im Kontext der Digitalisierung ein [Bun16-ol]. In der Konsequenz ändern sich oftmals Aufbau- und Ablauforganisation, Kompetenzen oder Wertschöpfungspartner kommen hinzu oder werden ersetzt (vgl. Abschnitte 2.2 und 2.4). Es ist daher ein zentrales Anliegen der Spezifikationstechnik, die vielfältigen Analysemöglichkeiten für Wertschöpfungssysteme zu unterstützen, um Anwendenden einen einfachen Analyse-Zugang zu ermöglichen und die visuelle Aufbereitung der Analyseergebnisse zu begleiten (vgl. Abschnitt 2.5). Ferner soll die Spezifikationstechnik bewährte Hierarchisierungs- und Strukturierungskonzepte aus dem Bereich der Geschäftsprozessmodellierung nutzen sowie die Bildung benutzerspezifischer Sichten unterstützen, innerhalb derer nur bestimmte Beschreibungsinhalte ersichtlich sind.

3 Stand der Technik

In diesem Kapitel werden Ansätze aus dem Stand der Technik diskutiert und vor dem Hintergrund der Anforderungen aus Abschnitt 2.7 analysiert. In Abschnitt 3.1 werden zunächst ganzheitliche Ansätze zur Planung von Wertschöpfungssystemen vorgestellt. Methoden zur Modellierung von Wertschöpfungssystemen werden in Abschnitt 3.2 thematisiert. Abschnitt 3.3 setzt sich mit der Analyse von Wertschöpfungssystemen auseinander. Domänenspezifische Ansätze aus Geschäfts-, Produktionssystem-, Logistik-, Dienstleistungs- und Informationssystemplanung werden in Abschnitt 3.4 dargestellt. Abschnitt 3.5 diskutiert domänenübergreifende Ansätze. Der Abgleich der Anforderungen mit dem zuvor dargelegten Stand der Technik erfolgt in Abschnitt 3.6. Aus diesem Abgleich resultiert der Handlungsbedarf für die vorliegende Arbeit.

3.1 Planung von Wertschöpfungssystemen

Die Problemanalyse zeigt den Bedarf für eine ganzheitliche methodische Unterstützung bei der Planung von Wertschöpfungssystemen. Dazu werden in diesem Abschnitt ausgewählte Methoden untersucht, die die ganzheitliche Planung von Wertschöpfungssystemen adressieren. Darunter fallen sowohl Ansätze, die eine integrierte Planung von Wertschöpfungssystemen explizit aufgreifen als auch solche, die lediglich Anknüpfungspunkte bieten. Hier soll daher allein eine Auswahl der Ansätze präsentiert werden, die eine möglichst hohe Relevanz in Bezug auf die Anforderungen an die Spezifikationstechnik aufweisen. Bei den Ansätzen nach FLEISCHER ET AL. und MIROSCHEDJI handelt es sich um ganzheitliche Ansätze zur Planung und Konfiguration von Wertschöpfungssystemen (vgl. Abschnitte 3.1.1 und 3.1.2). WEINER ET AL. hingegen fokussieren die Gestaltung des Wertschöpfungssystems aus der Perspektive eines dynamischen Unternehmens (vgl. Abschnitt 3.1.3).

3.1.1 Integrierte Planungsmethodik nach FLEISCHER ET AL.

Vor dem Hintergrund der Globalisierung haben FLEISCHER ET AL. eine integrierte Planungsmethodik zur Konfiguration von Wertschöpfungssystemen entwickelt. Diese eignet sich sowohl für die intraorganisationale als auch für die interorganisationale Wertschöpfung und besteht aus sechs aufeinander aufbauenden Phasen [FHS04, S. 470ff.]: Auswahl von Partnerunternehmen, Bildung der koordinierenden Instanz, Dekomposition der Wertschöpfung, Bildung der Standortfähigkeiten, Standortzuordnung von Wertschöpfungsmodulen und prozessuale Kopplung (siehe Bild 3-1).

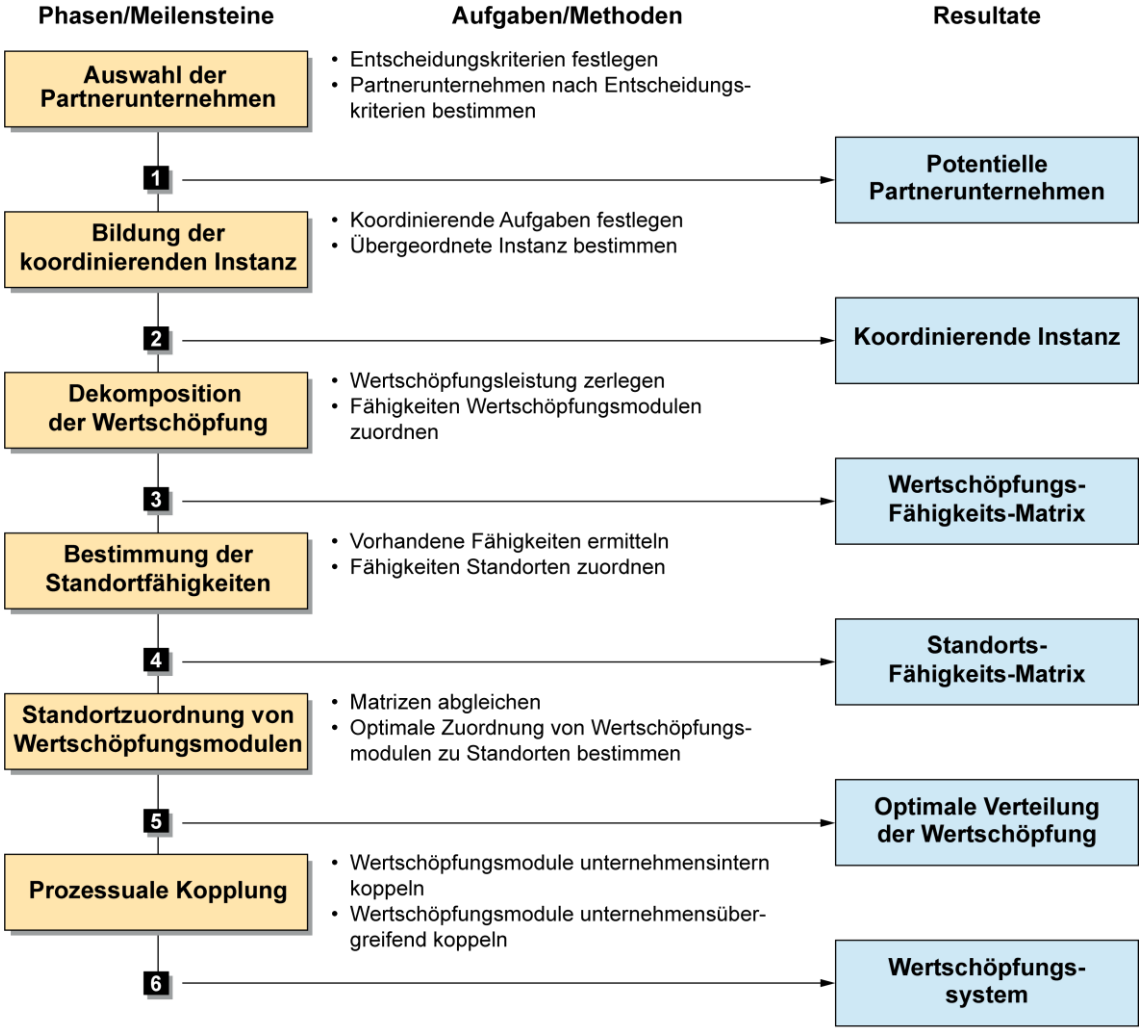

Bild 3-1: Integrierte Planungsmethodik zur Konfiguration von Wertschöpfungssystemen nach FLEISCHER ET AL. *[FHS04, S. 470ff.]*

Auswahl der Partnerunternehmen: In der ersten Phase werden zunächst die beteiligten Partner anhand bestimmter Kriterien ausgewählt; Beispiele sind Kernkompetenzen oder die strategische Unternehmensausrichtung. Mit der Auswahl *potentieller Partnerunternehmen* geht häufig die Entscheidung für einen geographischen Standort einher [FHS04, S. 472].

Bildung der koordinierenden Instanz: Das Management eines Wertschöpfungssystems ist eine komplexe Aufgabe. Aus diesem Grund werden in dieser Phase die zentralen Aufgaben zur Koordination und Steuerung des Systems festgelegt. Zudem schlagen FLEISCHER ET AL. die Bestimmung einer *koordinierenden Instanz* vor, welche sowohl durch ein Unternehmen als auch durch ein Gremium aus Unternehmensvertretern gebildet werden kann [FHS04, S. 472].

Dekomposition der Wertschöpfung: Kern der Phase ist die Zerlegung der gesamten Wertschöpfungsleistung aus prozessualer Sicht, d. h. es werden einzelne Aktivitäten un-

terteilt. Unabhängige Aktivitäten fassen FLEISCHER ET AL. zu sog. Wertschöpfungsmodulen zusammen. Mit einem definierten Anfangs- und Endzustand sowie benötigten Kompetenzen beschreiben sie die Transformationsaufgabe. Des Weiteren werden die Module in verschiedenen Aggregations- und Betrachtungseben hierarchisch strukturiert (siehe Bild 3-2). Auf Basis der Ebenen wird ein *Anforderungsprofil* für die Wertschöpfungsmodule abgeleitet [FHS04, S. 472f.].

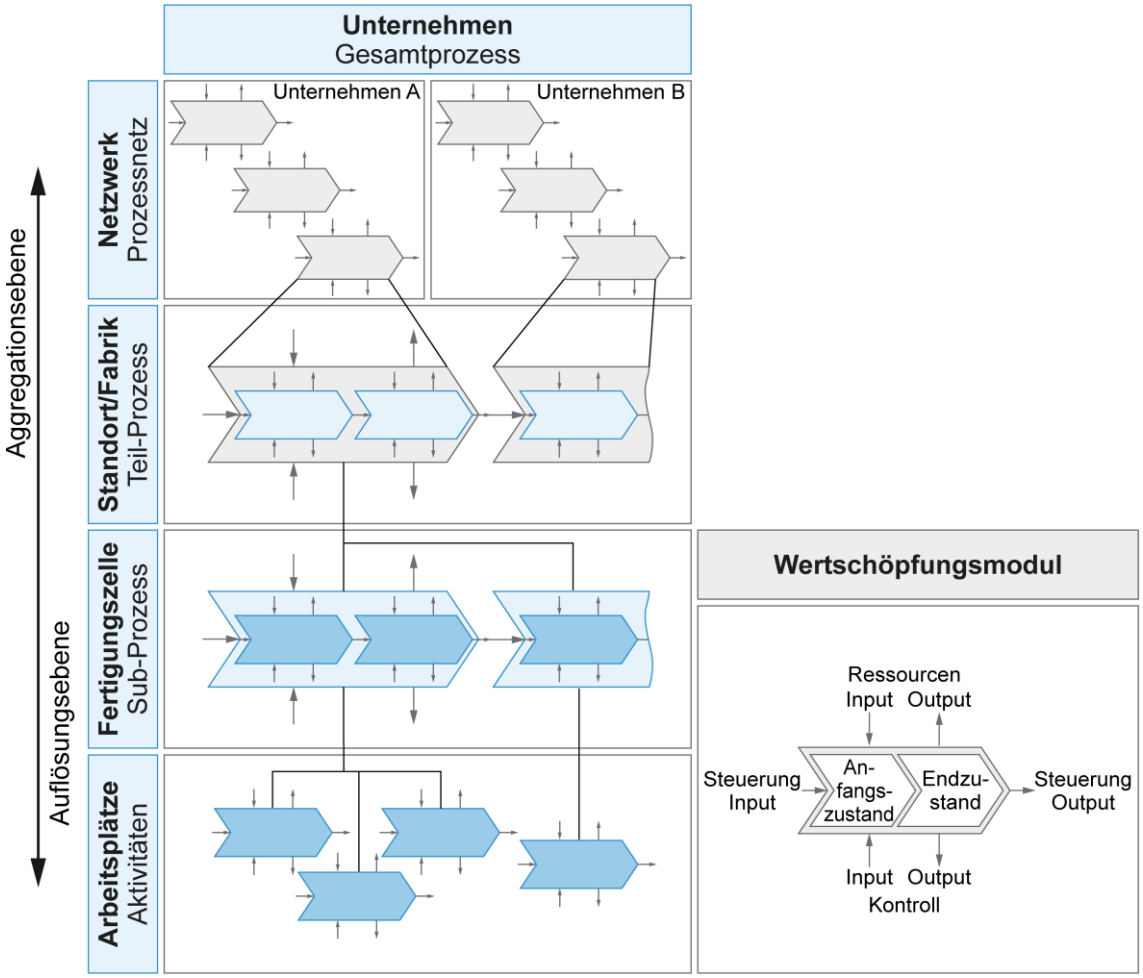

Bild 3-2: Hierarchische Struktur von Wertschöpfungsmodulen in Anlehnung an [FHS04, S. 472f.]

Bestimmung der Standortfähigkeiten: Diese Phase widmet sich der Auswahl möglicher Standorte. Dazu werden die Kompetenzen potentieller Partner ermittelt und bewertet. Ergebnis ist eine Menge *potentieller Standorte* des Wertschöpfungssystems [FHS04, S. 473f.].

Standortzuordnung von Wertschöpfungsmodulen: Im Wesentlichen werden das Anforderungsprofil der Wertschöpfungsmodule und die Kompetenzen potentieller Partner miteinander abgeglichen. Es wird ersichtlich, welche Standorte die gestellten Anforderungen erfüllen und welche *Wertschöpfungsmodule* den Standorten zugeordnet werden [FHS04, S. 474f.].

Prozessuale Kopplung: Die prozessuale Kopplung stellt nach FLEISCHER ET AL. die Anschlussfähigkeit der Aktivitäten über die Wertschöpfungsmodule sicher. Dabei können Module sowohl intra- als auch interorganisational durch verschiedene Beziehungen wie Material- oder Informationsflüsse gekoppelt werden. Das Resultat ist ein *konfiguriertes Wertschöpfungssystem* [FHS04, S. 475].

Bewertung

FLEISCHER ET AL. liefern eine integrierte Planungsmethodik zur Konfiguration von Wertschöpfungssystemen. Diese adressiert eine prozessorientierte Sicht und erlaubt für eine standortbezogene Konfiguration des Systems einen Abgleich benötigter Anforderungen mit den Kompetenzen potentieller Partner. Das Vorgehen eignet sich prinzipiell für die Planung von Wertschöpfungssystemen. Allerdings unterstützen FLEISCHER ET AL. größtenteils die geographische Verteilung intra- und interorganisationaler Wertschöpfungsanteile und weniger einen ganzheitlichen Planungsansatz für Wertschöpfungssysteme, sodass wesentliche Anforderungen an die Spezifikationstechnik nicht erfüllt werden. Für die vorliegende Arbeit relevant erscheint jedoch die Bildung von Anforderungsprofilen an Wertschöpfungsmodule auf Basis von Aktivitäten sowie die kompetenzbezogene Zuordnung von Modulen und Partnern.

3.1.2 Konfiguration von Wertschöpfungssystemen nach MIROSCHEDJI

Ziel des Ansatzes zur Konfiguration von Wertschöpfungssystemen ist die Definition der Soll-Wertschöpfungssystems. Hierfür beschreibt MIROSCHEDJI fünf Phasen: Definition des Leistungsangebots, Entwurf eines vorläufigen Systems, Organisatorische und räumliche Strukturierung, Prozessuale Kopplung und Strukturelle Kopplung (siehe Bild 3-3) [Mir02, S. 226].

Definition des Leistungsangebots: Gegenstand ist die Ermittlung von Kundenproblemen und dessen Problemlösung. Dabei stehen die *Marktleistung* sowie das Nutzenversprechen im Fokus. MIROSCHEDJI sieht den Verantwortungsbereich dieser Phase im Marketing des Unternehmens (Abschnitt 2.2.1) [Mir02, S. 226ff.].

Entwurf[1] eines vorläufigen Systems: In dieser Phase erfolgt die Dekomposition des Leistungsangebots in funktionale und sachliche Elemente. Die funktionale Dekomposition betrachtet Wertschöpfungsaktivitäten, die zur Erbringung der Marktleistung notwendig sind, wohingegen die sachliche Dekomposition die erforderlichen technologisch-strukturellen Bestandteile adressiert. Durch die Verknüpfung von Aktivitäten und Bestandteilen mit Flüssen von Gütern, Dienstleistungen, Informationen und Kommunikation ergibt sich das *vorläufige Wertschöpfungssystem* als Ergebnis [Mir02, S. 231ff.].

---

[1] MIROSCHEDJI verwendet den Begriff Entwurf, da die Problemlösung an dieser Stelle seines Ansatzes noch nicht abschließend festgelegt ist, noch keine konkreten Partner bestimmt sind und die Konfiguration des Systems im Dialog mit allen Beteiligten erfolgt [Mir02, S. 230].

Organisatorische und räumliche Strukturierung: Auf Basis der Wertschöpfungsaktivitäten werden in dieser Phase benötigte Kompetenzen ermittelt. Darauf aufbauend werden die *Anforderungsprofile* an Wertschöpfungspartner und Standorte abgeleitet [Mir02, S. 235ff.].

Prozessuale Kopplung: Kern der Phase ist die Integration von Wertschöpfungspartnern und Aktivitäten. Dafür werden zunächst den gestellten Anforderungen gerechte Partner ermittelt und anschließend *prozessual gekoppelt*, d. h. zu einem Leistungserstellungssystem verknüpft [Mir02, S. 250f.].

Strukturelle Kopplung: In der letzten Phasen zielt MIROSCHEDJI auf die Koordinationsmechanismen des Wertschöpfungssystems ab. Es werden Informations- und Kommunikationstechnologien zur Steuerung des Systems bestimmt. Die strukturelle Kopplung legt das Zusammenwirken der einzelnen Bestandteile des *Wertschöpfungssystems* fest [Mir02, S. 251ff.].

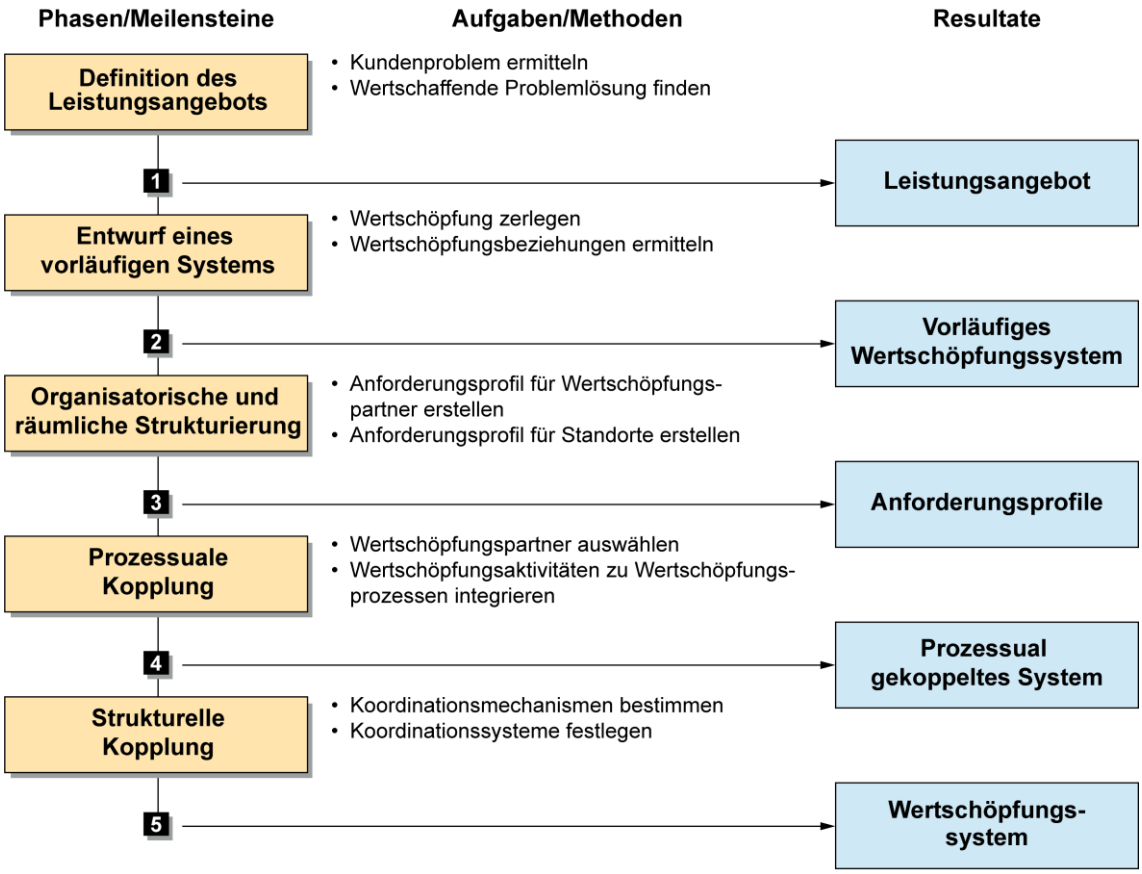

Bild 3-3: Sequentieller Ansatz zur Konfiguration von Wertschöpfungssystemen nach MIROSCHEDJI [Mir02, S. 226ff.]

Bewertung

MIROSCHEDJI stellt mit seinem Ansatz zur Konfiguration von Wertschöpfungssystemen ein systematisches, aber sehr theoretisches Vorgehen bereit. Der Ansatz ermöglicht ausgehend von der Definition eines Leistungsangebots die schrittweise Gestaltung des Soll-Wertschöpfungssystems. MIROSCHEDJI weist daraufhin, dass der Entwurf eines leistungsfähigen Systems nur gelingt, wenn alle Beteiligten einbezogen werden. Eine zielgerichtete methodische Unterstützung für ein gemeinsames Verständnis des Wertschöpfungssystems und eine benutzungsfreundliche Anwendung bleiben jedoch offen. Dennoch zeigt er einen wertvollen Ansatz zur Dekomposition von Wertschöpfungssystemen, dessen Verwendung im Rahmen der Spezifikationstechnik denkbar ist. Ergänzend zur Prozessorganisation schlägt MIROSCHEDJI die Analyse der organisatorischen Struktur als Grundlage zur Ableitung von Kompetenzen und Anforderungsprofilen vor. Diese beschränken sich allerdings auf die Integration in das Gesamtvorgehen und werden methodisch ebenfalls nicht unterstützt. Weite Teile der definierten Anforderungen können damit nicht oder nur in Ansätzen erfüllt werden.

3.1.3 Perspektiven dynamischer Unternehmen nach WEINER ET AL.

WEINER ET AL. stellen mit den Perspektiven des dynamischen Unternehmens einen Rahmen für die Gestaltung eines Unternehmens zur Verfügung, um sich in einem turbulenten Geschäftsumfeld vorteilhaft zu positionieren. Dafür unterscheiden sie zwischen der Strategischen Ebene und der Operativen Ebene (siehe Bild 3-4).

Die **Strategische Ebene** bildet den Ausgangspunkt, adressiert die strategischen Entscheidungen bei der Gestaltung von Geschäftsmodellen und gibt dadurch die Rahmenbedingungen für die Operative Ebene vor. Hierfür definieren WEINER ET AL. die Geschäftsmodellebene, in der disziplinspezifische Erarbeitung von Geschäftsmodellkomponenten erfolgt; z. B. werden interne und externe Services definiert und formal beschrieben. Die übergeordnete Ebene umfasst die Entwicklung von Metamodellen zur einfachen Koordination der einzelnen Disziplinen wie Service oder Finanzen [VWK+10, S. 388ff.], [WVS12, S. 197ff.].

Die **Operative Ebene** gliedert sich in die drei Subebenen: Ressourcen, Dienste und Geschäftsprozesse. Die Ressourcenebene bildet die Basis der operativen Ebene. Sie umfasst die unternehmerischen Ressourcen wie IT-Infrastruktur oder Humanressourcen und stellt diese bedarfsgerecht für die darüber liegende Dienstebene zur Verfügung. Hier erfolgt die Komposition sowohl von internen als auch von extern bereitgestellten Diensten. Die Geschäftsprozessebene repräsentiert die eigentlichen Leistungserstellungsprozesse des Unternehmens, welche gänzlich oder teilweise durch die Dienste erfüllt werden [VWK+10, S. 391f.], [WVS12, S. 198].

WEINER ET AL. stellen ergänzend zu den Perspektiven insbesondere die Abstimmung zwischen den Ebenen heraus. Durch eine Softwareunterstützung soll ein automatisierter Zugriff auf Informationen erfolgen, um Interaktionen über die einzelnen Ebenen hinweg zu ermöglichen. Hierdurch soll beispielsweise ein interner Dienst durch ein komplementäres Angebot eines Partners dynamisch ausgetauscht werden [WVS12, S. 199].

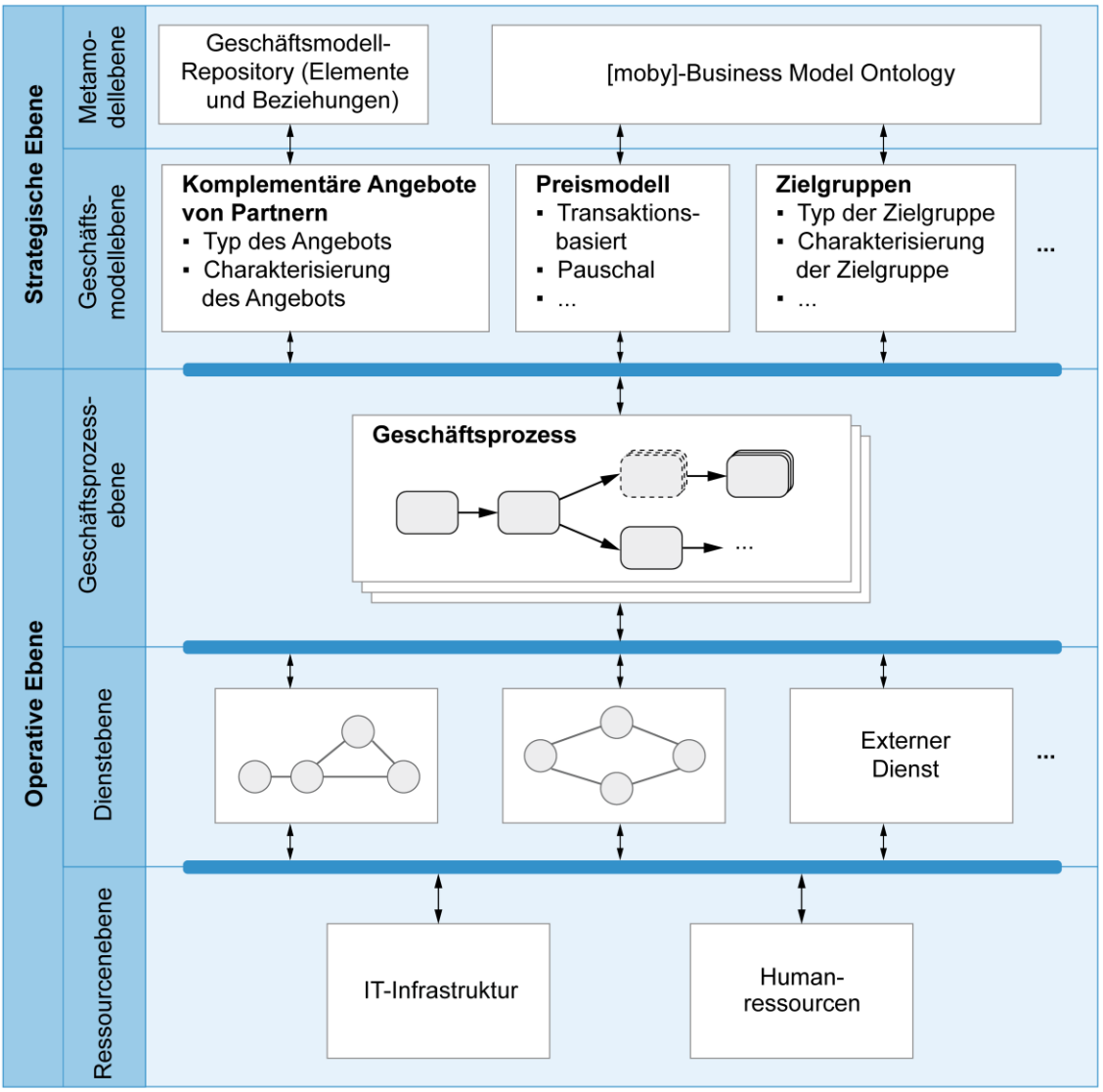

Bild 3-4: Die Perspektiven des dynamischen Unternehmens in Anlehnung an [WVS12, S. 198] und [VWK+10, S. 388]

Bewertung

WEINER ET AL. bilden mit den Perspektiven des dynamischen Unternehmens einen Rahmen für ein unternehmerisches Wertschöpfungssystem, welches nicht nur die operative Ebene der Ressourcen, Dienste und Prozesse sowie die strategische Ebene der Geschäftsmodelle adressiert, sondern insbesondere deren Zusammenwirken. Die definierten Ebe-

nen ermöglichen eine sinnvolle Strukturierung von Wertschöpfungsaspekten und die Integration von Wertschöpfungspartnern in der jeweiligen Ebene. Allerdings wird keine methodische Unterstützung zur Ausgestaltung der einzelnen Ebene vorgeschlagen. Für eine Werkzeugunterstützung der Geschäftsmodellebene und der Geschäftsprozessebene verweisen WEINER ET AL. auf die Methodology for Business Dynamics (moby)[2]. Fokus liegt auf der Optimierung im Sinne eines dynamischen Unternehmens, z. B. Anpassung des Erlöskonzepts in Echtzeit, Integration komplementärer Angebote von Partnern. Der Ansatz mit den verschiedenen Perspektiven und der Kopplung von Geschäftsmodell und dessen Operationalisierung durch die drei operativen Ebenen (Geschäftsprozesse, Dienste, Ressourcen) liefert einen interessanten Gedankengang, wenngleich der Ansatz kein explizites Vorgehen zur Planung eines Wertschöpfungssystems liefert.

3.2 Modellierung von Wertschöpfungssystemen

Die Visualisierung von Wertschöpfungssystemen soll ein ganzheitliches Verständnis des inhärenten Wirkgefüges mit den vorhanden Querverbindungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Elementen vermitteln und eine zielgerichtete Umsetzung zum Beispiel von Geschäftsmodellen herbeiführen. Eine eingängige, prägnante Visualisierung von Wertschöpfungssystemen kann einen wesentlichen Beitrag dazu leisten. In den vergangenen Jahren wurden eine Reihe unterschiedlicher Ansätze zur Visualisierung von Wertschöpfungssystemen entwickelt. Die für die angestrebte Spezifikationstechnik relevanten Ansätze werden in den folgenden Abschnitten charakterisiert und hinsichtlich ihres Beitrags zur Erfüllung der gestellten Anforderungen aus Abschnitt 2.7 bewertet. Abschnitt 3.2.1 zeigt den Visualisierungsansatz für Geschäftsmodelle nach DEELMANN und LOOS. Anschließend wird in Abschnitt 3.2.2 die Value Delivery Modeling Language präsentiert. Die Ansätze zur Modellierung von Wertschöpfungssystemen schließen in Abschnitt 3.2.3 mit dem Modellbasierten Entwicklungsauftrag nach ECHTERHOFF ab.

3.2.1 Visualisierungsansatz nach DEELMANN/LOOS

Der Ansatz von DEELMANN/LOOS fundiert auf einer ausführlichen Analyse wissenschaftlicher Theorien sowie betrieblicher Praxis und richtet sich in erster Linie an die graphische Darstellung von Geschäftsmodellen [DL04b, S. 266]. Für die Modellierung werden sieben verschiedene Konstrukte bereitgestellt (siehe Bild 3-5): (1) Organisationseinheiten, (2) Transformationsprozess, (3) Wert, (4) Flussbeziehungen, (5) Einflussfaktor, (6) Hilfsmittel und (7) Kommentar [DL04c, S. 9ff.], [DL04b, S.270].

---

[2] Mit der Methodology for Business Dynamics (moby) stellt das Fraunhofer IAO zwei webbasierte Softwarewerkzeuge zur Verfügung (http://moby.iao.fraunhofer.de/): Den [moby:designer]^{bm} für Geschäftsmodelle und den [moby:designer]^{dbpm} für dymanisches Geschäftsprozessmanagement [WVS12, S. 199].

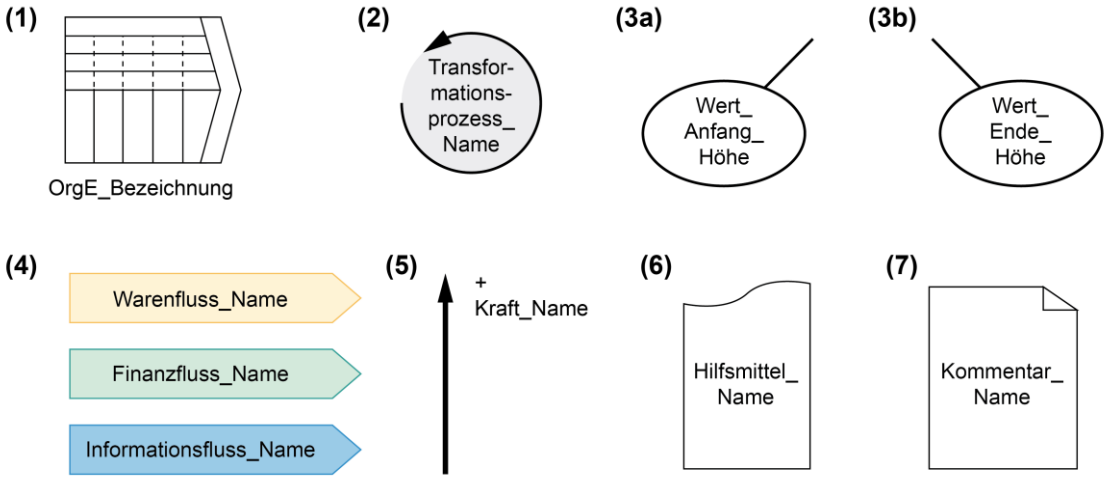

Bild 3-5: Konstrukte der Modellierungssprache [DL04b, S. 270]

Aufgrund der neutralen Konstrukte besitzt die Modellierungssprache keinen speziellen Branchen- oder Industriefokus. Vielmehr adressieren DEELMANN/LOOS eine Visualisierung des Wertschöpfungssystems auf abstrakter Ebene mit Einheiten wie Zulieferer, Unternehmen oder Kunde, die durch Waren-, Finanz- oder Informationsflüssen in Beziehung gesetzt werden. Durch den Abstraktionsgrad ist der Ansatz weitestgehend universell einsetzbar, kann durch Kommentarfelder mit Freitexteingabe bis zu einem gewissen Maße konkretisiert werden. Bild 3-6 zeigt den Einsatz der Modellierungssprache am Beispiel eines PKW-Herstellers. Die eigentlichen Transformationsprozesse betrachten DEELMANN/LOOS lediglich als Blackbox [DL04b, S. 15], [DL04c, S. 9ff.].

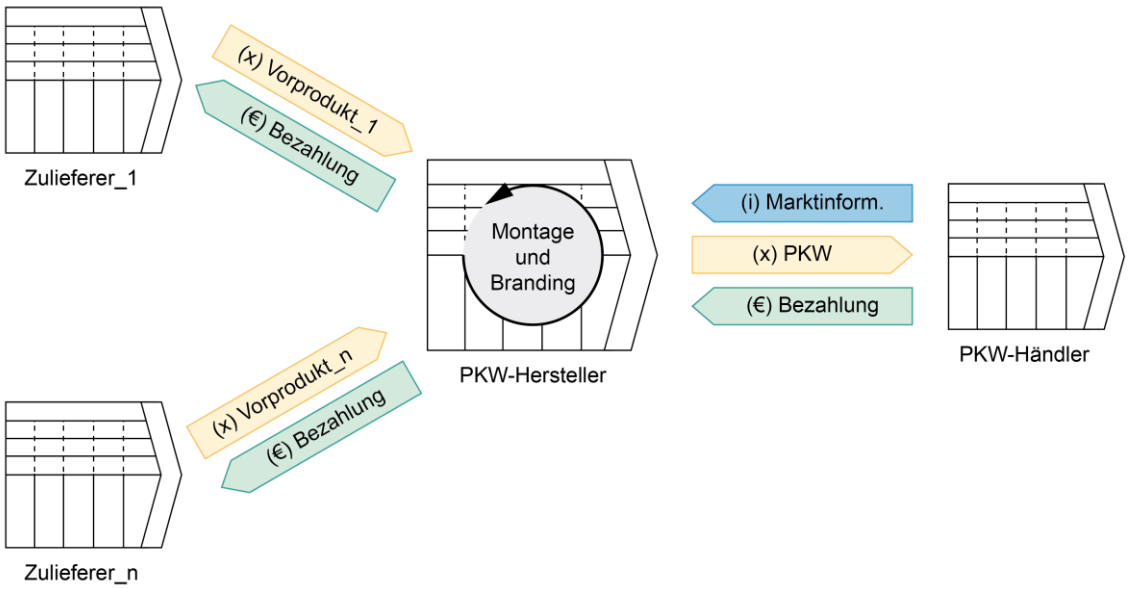

Bild 3-6: Visualisierungsansatz nach DEELMANN/LOOS [DL04c, S. 19]

Bewertung

DEELMANN/LOOSS präsentieren einen Ansatz zur Visualisierung von Geschäftsmodellen. Hierfür stellen sie eine einfache graphische Notation zur Verfügung; dies ermöglicht die Darstellung von einfachen, abstrakten Austauschbeziehungen. Die Transformationsprozesse werden jedoch als Blackbox betrachtet. Der geringe Komplexitäts- und Detaillierungsgrad fördern zwar die benutzungsfreundliche Anwendung, zeigen jedoch die wesentliche Schwäche des Ansatzes: Wertschöpfungsprozesse können nicht dargestellt werden, sodass eine ganzheitliche Beschreibung von Wertschöpfungssystemen nicht abbildbar ist.

3.2.2 Value Delivery Modeling Language (VDML)

Die Object Management Group[3] (OMG) stellt mit der Value Delivery Modeling Language (VDML) eine semiformale graphische Modellierungssprache für die Darstellung von Geschäftstätigkeiten bereit. Dabei stehen jene Tätigkeiten im Zentrum der Betrachtung, die für eine Erfolg versprechende Umsetzung und Vermarktung eines Kundennutzens notwendig sind. Die Modellierungssprache richtet sich vornehmlich an leitende Angestellte, Analysten, Manager und Entwickler [Obj15b, S. 1]. VDML zielt dabei insbesondere auf die folgenden vier Herausforderungen ab [Obj15b, S. 1ff.]:

1) Modellierung materieller und immaterieller Wertströme sowie des Kundennutzens
2) Modellierung komplexer Kooperationsnetze und Wertschöpfungssysteme
3) Modellierung von Geschäftsaktivitäten im dynamischen Unternehmensumfeld
4) Unterstützung eines wirksamen Aufbaus und Managements von Kompetenzen

Um diesen Herausforderungen ganzheitlich zu begegnen, besteht VDML aus unterschiedliche Modelltypen, die Modellierungskonzepte unterschiedlicher Unternehmensbereichen und -funktionen integrieren (siehe Bild 3-7). Ergänzend stellt VDML Konstrukte zur Modellierung bereit. Diese werden in der Regel für ihren jeweiligen Modelltyp eingesetzt, wenngleich einige Konstrukte übergeordnete Gültigkeit besitzen [Obj15b, S. 83ff.].

[3] Die OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG, http://www.omg.org) wurde 1989 als internationales Non-Profit-Konsortium gegründet. Ihr Ziel ist die Standardisierung einer objektorientierten, modellbasierten Systementwicklung.

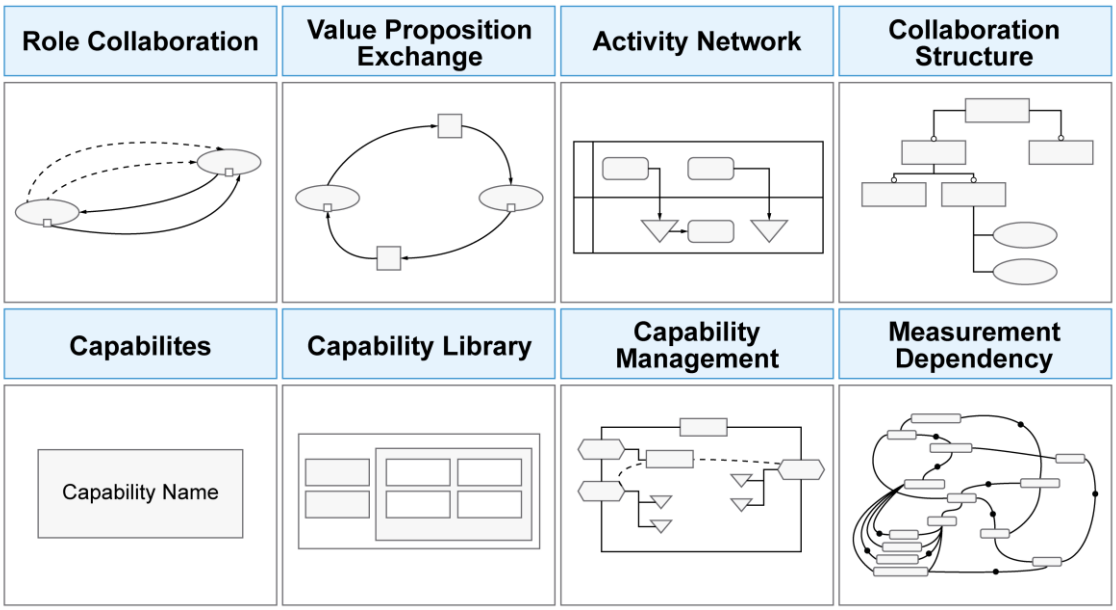

Bild 3-7: Diagrammtypen als Bestandteile der Value Delivery Modeling Language in Anlehnung an [Obj15b, S. 83ff.][4]

Des Weiteren definiert VDML initial neun Sichten, die auf den bereitgestellten Modellen und Konstrukten aufsetzen (siehe Bild 3-8). OMG schlägt hierfür verschiedene Einsatzzwecke vor; z. B. zur Analyse von Geschäftsaktivitäten oder zur Bewertung Geschäftsmodellen. Grundsätzlich ist VDML offen für weitere Sichten [Obj15b, S. 12ff.].

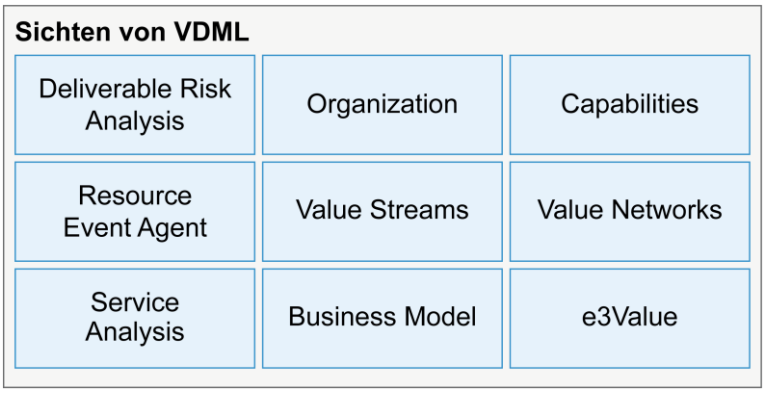

Bild 3-8: Die neun initialen Sichten von VDML in Anlehnung an [Obj15b, S. 12]

Bewertung

OMG stellt mit der Value Delivery Modeling Language einen umfassenden Ansatz zur Darstellung und Analyse von Geschäftstätigkeiten bereit. Ferner umfasst der Ansatz eine Vielzahl unterschiedlicher Partialmodelle, wodurch grundsätzlich ein gemeinsames Verständnis bei den Beteiligten erreicht werden kann. Eine zielführende Ausrichtung auf das

[4] Bisher liegen keine offiziellen Übersetzungen der im Original verwendeten Begrifflichkeiten vor, sodass im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls die englischen Begrifflichkeiten verwendet werden.

gesamte Wertschöpfungssystem findet jedoch nicht statt. Auch wenn die Partialmodelle eine erste strukturierte Herangehensweise ermöglichen, wird kein systematisches Vorgehen beschrieben. Die Modelle sind wenig intuitiv; sie erfordern einen hohen Einarbeitungsaufwand. Einzelne Konstrukte zur Modellierung werden darüber hinaus in verschiedenen Modelltypen teilweise durch verschiedene graphische Notationsformen repräsentiert. Insgesamt ist die benutzungsfreundliche Anwendung nur bedingt gegeben.

3.2.3 Modellbasierter Entwicklungsauftrag nach ECHTERHOFF

Eine Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge im Kontext einer zielorientierten Zusammenarbeit von Strategischer Planung und Entwicklung von Marktleistungen liefert ECHTERHOFF. Die Systematik zielt darauf ab, entwicklungsrelevante Informationen ganzheitlich abzubilden und eine Plattform für die Kommunikation und Kooperation beteiligter Akteure darzustellen. Hierfür umfasst die Systematik die drei wesentliche Bestanteile: Modellierungssprache, Methode und Werkzeugunterstützung.

Die **Modellierungssprache** dient der bereichsübergreifenden Beschreibung des Entwicklungsauftrags. Das Sprachkonzept umfasst eine graphische Notation, welche aus Grundkonstrukten, Beziehungen und Kommentaren besteht. Die Aspekte Unternehmensumfeld, Unternehmen, Marktleistung und Anforderungen ergänzen die Notation. Sie werden rechnerintern durch Partialmodelle abgebildet (siehe Bild 3-9). Für den modellbasierten Entwicklungsauftrag ergibt sich ein kohärentes System von Partialmodellen [Ech16, S. 100ff.].

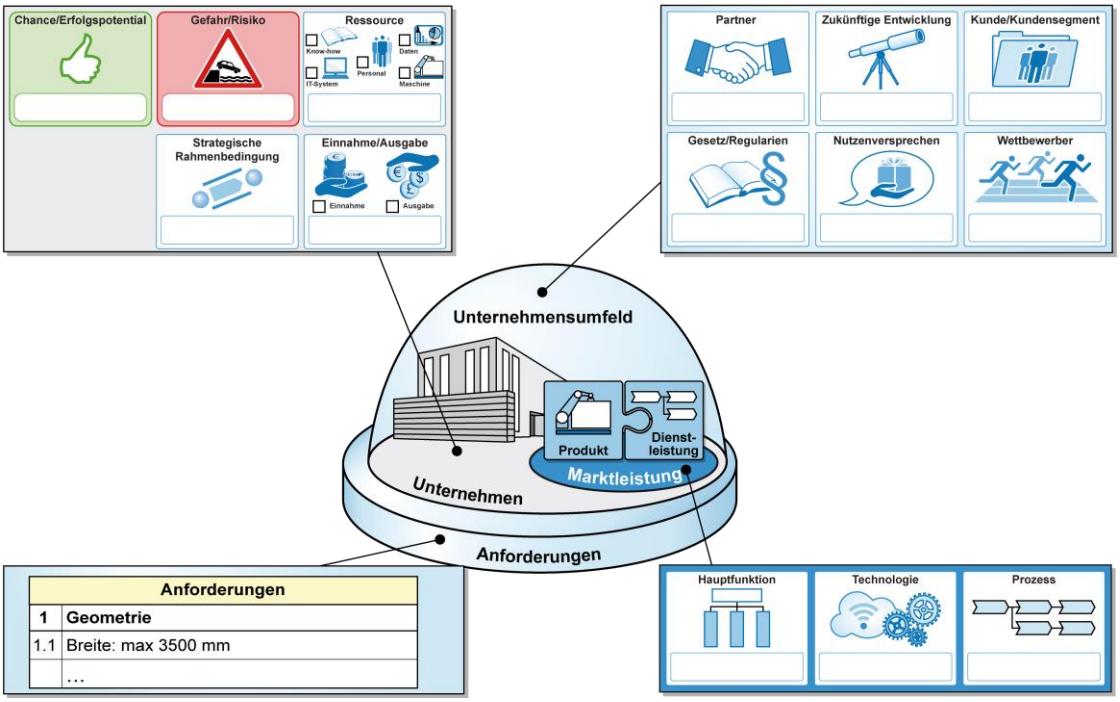

Bild 3-9: System kohärenter Partialmodelle zur Abbildung des Entwicklungsauftrags in Anlehnung an [GOA+16, S. 63], [Ech16, S. 100ff.]

Durch die **Methode** werden die Fachleute bei der Anwendung der Modellierungssprache unterstützt. Im Fokus steht der gesamte Prozess vom Entwurf des Entwicklungsauftrags bis zur Freigabe. Vorgeschlagen wird ein vierphasiges Vorgehen zur Erarbeitung des modellbasierten Entwicklungsauftrags (siehe Bild 3-10): Entwurf, Formalisierung, Review, Freigabe.

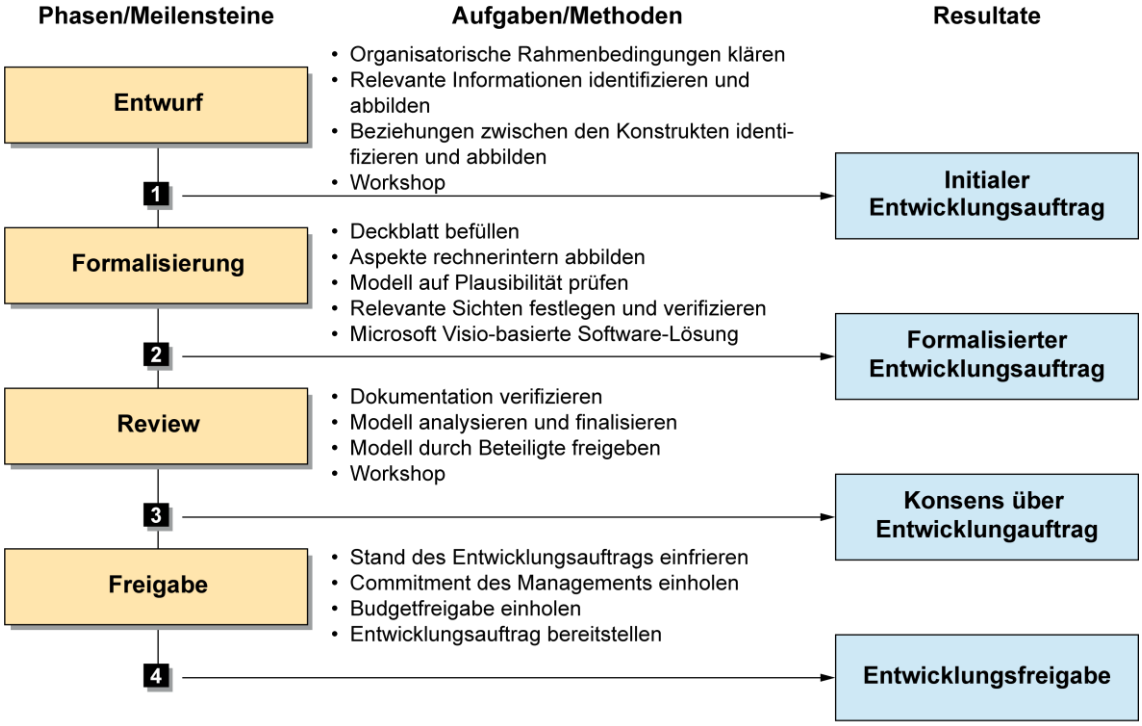

Bild 3-10: Vorgehensmodell zur Erarbeitung eines modellbasierten Entwicklungsauftrags [Ech16, S. 133]

Entwurf: Zunächst werden organisatorische Rahmenbedingungen geklärt. Zudem werden relevante Informationen identifiziert, mithilfe der Konstrukte abgebildet und miteinander in Beziehung gesetzt. Ergebnis ist der *initiale Entwicklungsauftrag* [Ech16, S. 132ff.].

Formalisierung: Kern der Phase ist den bisher papierbasierten initialen Entwicklungsauftrag in einen *formalisierten Entwicklungsauftrag mit Sichten* zu überführen. Mithilfe der Werkzeugunterstützung werden die Aspekte Unternehmensumfeld, Unternehmen, Marktleistung und Anforderungen abgebildet. Abschließend erfolgt eine Plausibilitäts- und Konsistenzüberprüfung durch den Modellersteller [Ech16, S. 135ff.].

Review: Anhand des formalisierten Modells überprüfen involvierte Fachleute die Modellgüte und erzielen *Konsens über den Entwicklungsauftrag*. Zentrale Fragestellung dabei ist, ob der modellbasierte Entwicklungsauftrag den Vorstellungen aller Beteiligten entspricht. Hierbei unterstützt die Sichtenbildung eine bedarfsorientierte Analyse.

Freigabe: Zunächst wird der vorliegende Stand des Entwicklungsauftrags eingefroren. Das Management prüft diesen anschließend hinsichtlich verschiedener Kriterien (z. B.

Strategiekonformität, Markt- und Technologieattraktivität). Eine positive Begutachtung mündet in einer Budget- und *Entwicklungsfreigabe*. Der Entwicklungsauftrag wird an die involvierten Abteilungen kommuniziert [Ech16, S. 138ff.].

Für die Modellierung des Entwicklungsauftrags stellt ECHTERHOFF eine **Werkzeugunterstützung** bereit. Diese besteht aus einem Kartenset für die Anwendung in Workshops und einer Software-Lösung [Ech16, S. 142ff.].

Bewertung

ECHTERHOFF liefert einen umfangreichen Ansatz zur Erarbeitung eines modellbasierten Entwicklungsauftrags. Die Systematik ermöglicht eine zielorientierte, integrative Zusammenarbeit zwischen der Strategischen Planung und der Entwicklung von Marktleistungen. Das vorgeschlagene Vorgehen ist systematisch, nachvollziehbar und die Modellerstellung wird durch eine Modellierungssprache und Werkzeuge unterstützt. Die Schwerpunkte liegen allerdings auf der ganzheitlichen Abbildung entwicklungsrelevanter Informationen sowie einer Plattform für die Kommunikation und Kooperation der beteiligten Akteure. Hier ist zu beachten, dass die Marktleistung im Fokus steht; die Planung der eigentlichen Leistungserstellung wird dabei nicht betrachtet. Gleichwohl liefert die Systematik wertvolle Adaptionsmöglichkeiten, um die hier angestrebte Spezifikationstechnik für Wertschöpfungssysteme abzuleiten.

3.3 Analyse von Wertschöpfungssystemen

Wesentlicher Anwendungsbereich von Modellierungstechniken ist die Analyse bestehender Situationen, um Verbesserungspotentiale und Maßnahmen beispielsweise zur Effizienzsteigerung zu ermitteln. Insofern erscheint es zielführend, Ansätze zur Analyse von Wertschöpfungssystemen zu betrachten. Im Folgenden werden Ansätze vorgestellt, die eine ganzheitliche Analyse ermöglichen. In Abschnitt 3.3.1 wird die Analyse und Gestaltung wertschöpfungsorientierter Organisationen nach BACH ET AL. vorgestellt. Davon ausgehend wird mit dem Ansatz nach ERLACH der Wertstrom innerhalb eines Wertschöpfungssystems betrachtet (vgl. Abschnitt 3.3.2). Abschließend wird mit der Wertkette nach PORTER ein etablierter Ordnungsrahmen vorgestellt, der die Analyse von Wertschöpfungssystemen durch Strukturierung von primären und unterstützenden Wertschöpfungsaktivitäten fördert (vgl. Abschnitt 3.3.3).

3.3.1 Wertschöpfungsorientierte Organisation nach BACH ET AL.

BACH ET AL. stellen einen umfassenden Ansatz zur Analyse und Gestaltung wertschöpfungsorientierter Organisationen vor. Das Vorgehen gliedert sich in drei Hauptbereiche: Wertschöpfungsarchitekturen, Wertschöpfungsprozesse und Wertschöpfungsstrukturen (siehe Bild 3-11). Jeder der Bereiche bildet eine in sich abgeschlossene Phase und wird durch verschiedene Methoden unterstützt.

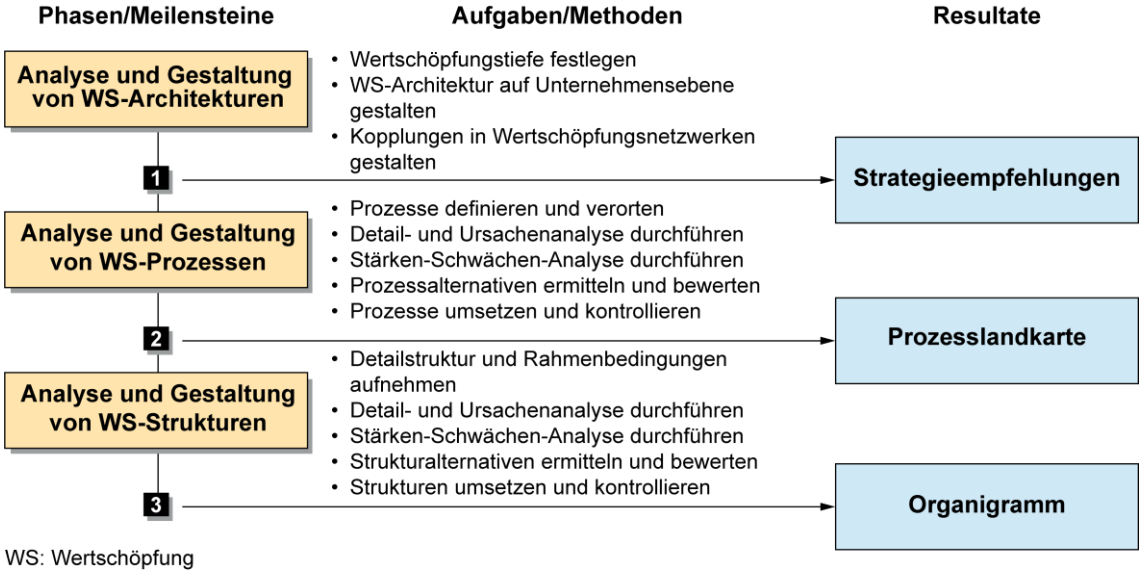

Bild 3-11: Vorgehensmodell zur Analyse und Gestaltung wertschöpfungsorientierter Organisation in Anlehnung an [BBB+12, S. 115ff.]

Wertschöpfungsarchitekturen: Im Mittelpunkt steht die grundsätzliche Frage der arbeitsteiligen Wertschöpfung sowohl auf Unternehmens- als auch Systemebene. Basis dafür bildet die Wertschöpfungstiefe; sie wird durch Insourcing- und Outsourcing-Entscheidungen bestimmt. Anschließend erfolgt die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur auf Unternehmensebene. Hierfür werden verschiedene Merkmale analysiert; z. B. ob das Unternehmen Spezialisierungsvorteile besitzt und sich somit als vorteilhaft als Layer Player[5] positionieren kann oder ob sich Schnittstellen zu intermediären Märkten ergeben, und die Rolle des Orchestrators[6] eine aussichtsreiche Erfolgsposition darstellt. Des Weiteren werden die Art und Weise der Kopplung innerhalb des Wertschöpfungssystems (z. B. vertikale oder horizontale Integration) analysiert und entschieden. Die Ergebnisse können in einer *Strategieempfehlung* münden [BBB+12, S. 115ff.].

Wertschöpfungsprozesse: Kern dieser Phase ist die Gestaltung und die Analyse sowohl von unternehmensinternen als auch -übergreifenden Wertschöpfungsprozessen. Zur Fokussierung auf die relevanten Prozesse grenzen BACH ET AL. zunächst den Gestaltungs- und Analysebereich ein und zerlegen die Prozesse in handhabbare Teilprozesse. Für den definierten Untersuchungsbereich erfolgen eine Aufnahme der aktuellen Wertschöpfungsprozesse und eine Priorisierung der Prozesse. Sie bilden die Grundlage für eine Detailanalyse verschiedener Analysefelder wie Prozessfolge, Mengen und Zeiten, Prozessqualität und Prozesskosten. Im Rahmen der Analyse werden Kenngrößen ermittelt, Schwachstellen identifiziert und Verbesserungspotentiale aufgedeckt. Die Erkenntnisse

---

[5] Als Layer Player werden Unternehmen bezeichnet, die sich auf einzelne Wertschöpfungsstufen spezialisieren und diese branchenübergreifend übernehmen [Kne03, S. 41].

[6] Orchestratoren sind Unternehmen, die sich auf wesentliche Kernkompetenzen konzentrieren und die übrige Wertschöpfung koordinieren [Kne03, S. 41].

münden in der Prozesskonzeption. Diese berücksichtigt die Schnittstellen für eine prozessuale Kopplung mit Partnern innerhalb des Wertschöpfungssystems. Zur Gestaltung der Konzeption werden daher verschiedene Gestaltungsmaßnahmen (z. B. auftrags-, aufgabenträger-, informationsbezogen) bearbeitet, bewertet und mit einer *Prozesslandkarte* dargestellt. Abschließend erfolgen die Prozessumsetzung und das Controlling der Konzeption [BBB+12, S. 202ff.].

Wertschöpfungsstrukturen: Die Wertschöpfungsstrukturen setzen die organisatorischen Leitplanken für eine effiziente und effektive Durchführung der Wertschöpfungsprozesse. Die Zusammenstellung umfasst notwendige Organisationseinheiten, Kompetenzen sowie Aufgaben. Ausgangspunkte sind die Strategieempfehlung und die Prozesslandkarte. Dafür wird zunächst die Wertschöpfungsstruktur aufgenommen. BACH ET AL. unterstützen dies mit verschiedenen Prüfkriterien (z. B. Schnittstellen nach Außen, eingesetzte Informationssysteme). Die Analyse der Struktur erfolgt anhand von Stärken und Schwächen; unterstützt durch Checklisten und Leitfäden (bspw. entwicklungs-, markt-, prozessorientiert). Im Rahmen der Strukturkonzeption wird das Strukturbild des Unternehmens – das *Organigramm* – erarbeitet. Es liefert einen Überblick über hierarchische Zuordnungen, Aufgabenverteilungen und Leitungsbeziehungen. Zur Umsetzung der Strukturkonzeption wird das Organigramm bis hin z. B. zu Funktionsdiagrammen oder Arbeitsanweisungen konkretisiert [BBB+12, S. 243ff.].

Bewertung

BACH ET AL. präsentieren einen fundierten, umfassenden Ansatz, der es ermöglicht, die aktuelle Organisation zu analysieren und darauf aufbauend eine wertschöpfungsorientierten Organisation zu gestalten. Das Vorgehen eignet sich, um die Komplexität einer Unternehmung in eine handhabbare Struktur zu überführen. Es ist denkbar, dieses auch im Rahmen der hier angestrebten Spezifikationstechnik anzuwenden. Kompliziert ist die Vielzahl unterschiedlicher Methoden und Techniken: BACH ET AL. wenden für die drei Bereiche Architektur, Prozesse und Struktur jeweils verschiedene Methoden an; integrieren diese aber nicht in das eigentliche Vorgehen. Dadurch wird nicht deutlich, wie diese aufeinander aufbauen. Somit wird zwar ein systematisches Vorgehen bereitgestellt, eine zielführende Planungsunterstützung sowie eine benutzungsfreundliche Anwendung sind allerdings nicht gegeben. BACH ET AL. zeigen auf, dass der Gesamtprozess ein entscheidender Erfolgsfaktor für ein einheitliches Systemverständnis in der Diskussion mit Stakeholdern ist. Es wird jedoch nicht thematisiert, wie das systematisch und modellbasiert unterstützt werden kann. Daher werden Anforderungen, die eine intuitive, graphische Notation und Werkzeugunterstützung adressieren, nicht erfüllt.

3.3.2 Value Stream Mapping nach ERLACH

ERLACH stellt einen Ansatz vor, der auf die Wertstromperspektive abzielt. Ziel ist eine ganzheitliche Sichtweise zur Verbesserung des Produktionsablaufs. Der Fokus liegt dabei auf einer umfassenden Darstellung und Analyse aller Produktionsabläufe, Material- und

Informationsflüsse aus Kundensicht. Aus diesem Grund besteht der Ansatz aus zwei wesentlichen Bestandteilen: 1) Graphische Notation zur Wertstromdarstellung und 2) Vorgehensmodell zur Wertstromanalyse.

Für die **graphische Notation** des Wertstroms stellt ERLACH sechs Grundkonstrukte bereit; hierfür ergänzt er das etablierte Vorgehen nach ROTHER/SHOOK[7] [Erl10, S. 32ff.], [RS06, S. 3ff.]: *Produktionsprozesse* zur Beschreibung interner oder externer produzierender Tätigkeiten; *Geschäftsprozesse* zur Beschreibung von Aufgaben in der Auftragsabwicklung; *Materialfluss* zur Beschreibung des Transports; *Informationsfluss* zur Beschreibung transferierter Daten und Dokumente; *Kunde* zur Beschreibung der geforderten Kundennachfrage; *Lieferant* zur Beschreibung der Versorgung mit Rohmaterial und Bauteilen (siehe Bild 3-12).

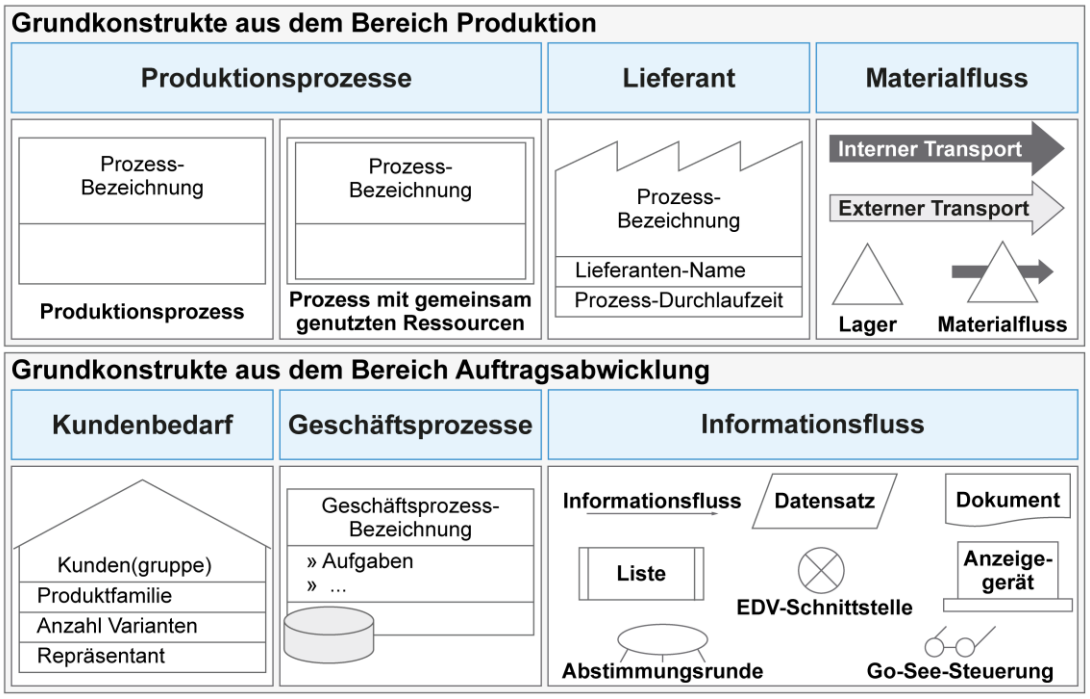

Bild 3-12: Grundkonstrukte der Wertstromanalyse in Anlehnung an [Erl10, S. 46ff.]

Das zugehörige **Vorgehensmodell** umfasst vier Phasen (siehe Bild 3-13): Bildung von Produktfamilien, Analyse von Kundenbedarfen, Aufnahme der Wertströme und Identifikation von Verbesserungspotentialen [Erl13, S. 29].

[7] Eine umfassende Beschreibung des Wertstromdesigns liefern ROTHER/SHOOK [RS06].

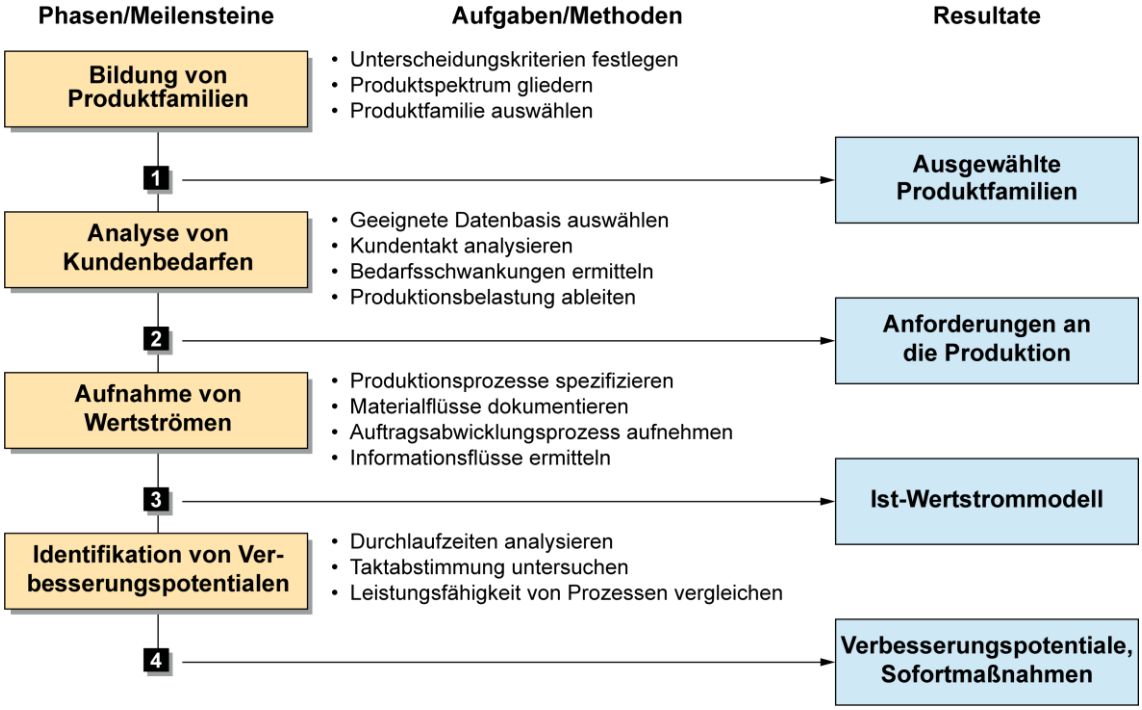

Bild 3-13: Vorgehensmodell zur Wertstromanalyse in Anlehnung an [Erl10, S. 36ff.]

Bildung von Produktfamilien: Ausgangspunkt ist die Analyse des Produktspektrums zur Bildung von Produktfamilien. Entscheidend dabei ist, die Produktfamilien so zu gruppieren, dass je Familie ein dedizierter Wertstrom existiert; d. h. eine Verknüpfung aller erforderlichen Produktionsprozesse für ebendiese Produktfamilie. Die Phase unterstützt ERLACH, indem er verschiedene Methoden bereitstellt (z. B. Produktfamilien-Matrix, Familienähnlichkeit). Als Analysegegenstand wird zunächst eine *Produktfamilie* ausgewählt [Erl10, S. 36ff.].

Analyse von Kundenbedarfen: Im Rahmen dieser Phase wird der Kundenbedarf für die ausgewählte Produktfamilie hinsichtlich der Belastung für die Produktion analysiert. Ein zielführender Parameter ist der Kundentakt: Er beruht auf der durchschnittlichen Verkaufsrate und gibt die Zeitdauer pro Stück für die Produktion an. Weitere Parameter sind z. B. Jahresstückzahl, Lieferzeit. Des Weiteren werden die Kundenbedarfsschwankungen ermittelt, um die Flexibilitätsanforderungen an die Produktion zu bestimmen. Grundsätzlich empfiehlt ERLACH zur Erhebung der Parameter die Verkaufszahlen des vergangenen Geschäftsjahres als Datenbasis auszuwählen [Erl10, S. 46ff.].

Aufnahme von Wertströmen: Gegenstand dieser Phase ist die Aufnahme des Wertstroms im Ist-Zustand. Sie findet in der Regel in der Fabrik vor Ort statt; d. h. an den Produktionsanlagen. Die Aufnahme erfolgt in zwei Durchgängen: 1) Aufnahme der Produktionsprozesse und der Materialflüsse; 2) Aufnahme der Auftragsabwicklungsprozesse und Informationsflüsse [Erl10, S. 54ff.]. Die Dokumentation der Prozesse sowie ihrer Verkettung erfolgt anhand der graphischen Notation; ergänzt um relevante Kennwerte

und -zahlen wie Mitarbeiteranzahl, Bearbeitungszeit, Losgröße. Einzelne Prozesse können dabei auch zu Prozessgruppen aggregiert werden [Erl10, S. 54ff.].

Identifikation von Verbesserungspotentialen: Anhand des Wertstrommodells der aktuellen Situation werden *Verbesserungspotentiale* identifiziert. Aufgrund der Visualisierung lassen sich leicht erkennbare Schwächen direkt identifizieren und entsprechende Sofortmaßnahmen einleiten. Darüber hinaus schlägt ERLACH eine Analyse der Durchlaufzeiten und der Taktabstimmung vor, um zum einen Stellen mit hohen Beständen zu erkennen und zum anderen die Leistungsfähigkeit einzelner Prozesse zueinander zu bewerten [Erl10, S. 101ff.].

Bewertung

Der Ansatz zum Value Stream Mapping nach ERLACH liefert eine wichtige Grundlage zur Analyse und Optimierung von Produktionsprozessen. Das Vorgehen ist nachvollziehbar und wird durch eine graphische Notation ergänzt. Im Fokus steht jedoch der eigentliche Produktionsprozess in der Fabrik vor Ort; eine Betrachtung des gesamten Wertschöpfungssystems wird weder durch das Vorgehen noch durch die graphische Notation unterstützt. Die vorgeschlagenen Analysefelder und Parameter zielen auf die reine Optimierung von Produktionsprozessen ab z. B. auf Basis vergangener Verkaufszahlen. Eine strategische Ausrichtung des Wertschöpfungssystems unter Berücksichtigung relevanter Geschäftsmodelle findet nicht statt. Sinnvoll erscheint es, den Wertstrom ausgehend vom Kunden zu analysieren. Damit leistet ERLACH einen wertvollen Beitrag für ein systematisches Vorgehen zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen, wie es auch im Rahmen dieser Arbeit angestrebt wird.

3.3.3 Klassische Wertkette nach PORTER als Analysewerkzeug

PORTER liefert mit seiner Wertkette[8] einen Rahmen für die Analyse und Bewertung von Wettbewerbsvorteilen [Por14, S. 66]. Durch die Strukturierung in primäre und unterstützende Wertschöpfungsaktivitäten und Funktionsbereichen wird ein Ordnungsrahmen für die Analyse vornehmlich unternehmensinterner Wertschöpfungssysteme geschaffen (vgl. Abschnitt 2.4.1). Die insgesamt neun Bereiche – von der Eingangslogistik über die Produktion und den Service – sind potentielle Analysefelder für strategische Variablen der Leistungserstellung (siehe Bild 3-14). In den einzelnen Bereichen schaffen Tätigkeiten Werte, verbrauchen dabei Ressourcen und sind prozessual mit anderen verknüpft, wodurch sich eine Prozesssicht ableiten lässt [Por14, S. 67]. GAUSEMEIER/PLASS haben die Strukturierung nach PORTER für die Ermittlung strategischer Variablen im Bereich „Wie eine Leistung erbracht wird“ erkannt. Sie setzen es als Analysewerkzeug im Kontext der Entwicklung konsistenter Strategieoptionen ein [GP14, S. 177ff.]. Die einzelnen

[8] Eine ausführliche Diskussion über den Wandel von der Wertkette zum Wertschöpfungssystem liefert Abschnitt 2.2.2.

Funktionsbereiche dienen als Anhaltspunkte und Quellen für Variablen. Ein Beispiel ist die Verknüpfung mit Lieferanten als strategische Variable im Bereich Eingangslogistik.

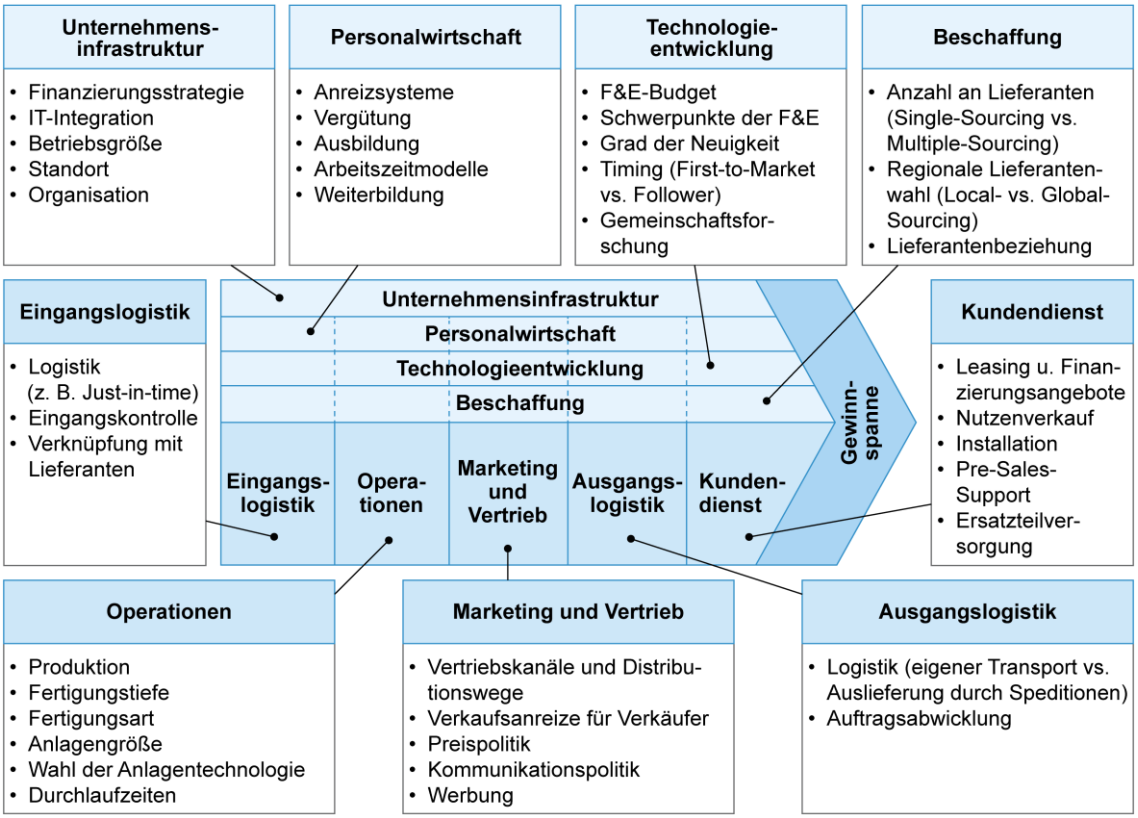

Bild 3-14: Analysefelder für strategische Variablen im Bereich der Leistungserstellung [GP14, S. 182]

Bewertung

PORTER stellt einen Strukturierungsrahmen bereit, der wie GAUSEMEIER/PLASS zeigen zur Ermittlung und Analyse strategischer Variablen im Kontext der Leistungserstellung eingesetzt werden kann. Dabei wird kein systematisches Vorgehen bereitgestellt, welches den Anwendenden bei der Analyse unterstützt. Mit den neun Funktionsbereichen liefert der Ansatz lediglich Anhaltspunkte für Quellen von strategischen Variablen. Durch ihr Vorgehen verknüpfen GAUSEMEIER/PLASS die Analyse von Wertschöpfungssystemen mit der Strategieentwicklung. Auf dieser Basis lassen sich Kompetenzprofile ermitteln und das Wertschöpfungssystem in einen gesamtstrategischen Rahmen einbetten. Im Rahmen der Spezifikationstechnik sollen sowohl die Beschreibung von Wertschöpfungssystemen als auch dessen Analyse möglich sein. Daher lassen sich die Wertkette nach PORTER sowie die Anwendung als Analyserahmen nach GAUSEMEIER/PLASS adaptieren, um die hier angestrebte Analyse von Wertschöpfungssystemen abzuleiten.

3.4 Domänenspezifische Ansätze

Die Erstellung einer Leistung erfolgt oftmals arbeitsteilig und ist durch einen herausfordernden Aufgabenkomplex unterschiedlicher Domänen geprägt; diese sind direkt oder indirekt beteiligt. In den einzelnen Domänen existiert eine Vielzahl auf die spezifischen Herausforderungen ausgerichtete Ansätze. Dabei geht es unter anderem um die Entwicklung von Geschäftsmodellen, der Beschreibung von Produktions- oder Logistiksystemen oder der Spezifikation von Informationssystemen. Vor diesem Hintergrund werden in diesem Abschnitt ausgewählte Ansätze aus der Geschäfts- (vgl. Abschnitt 3.4.1), Produktionssystem- (vgl. Abschnitt 3.4.2), Logistik- (vgl. Abschnitt 3.4.3) sowie Dienstleistungsplanung (vgl. Abschnitt 3.4.4) und Planung von Informationssystemen (vgl. Abschnitt 3.4.5) vorgestellt.

3.4.1 Geschäftsplanung

Die Grundlage von Wertschöpfungssystemen ist die zu erstellende Leistung. Vor diesem Hintergrund werden in diesem Abschnitt Ansätze aus dem Bereich der Geschäftsplanung beleuchtet, die einen konkreten Bezug zur Wertschöpfung ausweisen. Zu diesen gehören die Geschäftsmodellentwicklung nach KÖSTER (vgl. Abschnitt 3.4.1.1), das Interaktionsmodell nach WIRTZ (vgl. Abschnitt 3.4.1.2) sowie das Geschäftsmodellframework nach WEINER ET AL. (vgl. Abschnitt 3.4.1.3).

3.4.1.1 Geschäftsmodellentwicklung nach KÖSTER

KÖSTER liefert eine Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen und sieht diese als integralen Bestandteil der Produktentstehung [Kös14, S. 85ff.]. Die Systematik folgt dem Ansatz VITOSTRA – Verfahren zur Entwicklung intelligenter technologieorientierter Geschäfts- und Produktstrategien nach BÄTZEL, indem sie dessen Kern auf die Geschäftsmodellentwicklung überträgt [Bät04, S. 93ff.]. Ziel sind Erfolg versprechende Geschäftsmodelle durch Bewertung des internen und externen Unternehmensumfelds. Das Vorgehensmodell gliedert sich in acht Phasen: Geschäftsideen ermitteln, Handlungsfelder analysieren, Wettbewerbsarena analysieren, Umfeld analysieren, Geschäftsidee analysieren, Geschäftsmodellalternativen bilden, Geschäftsmodellalternativen bewerten und Implementierung planen (siehe Bild 3-15).

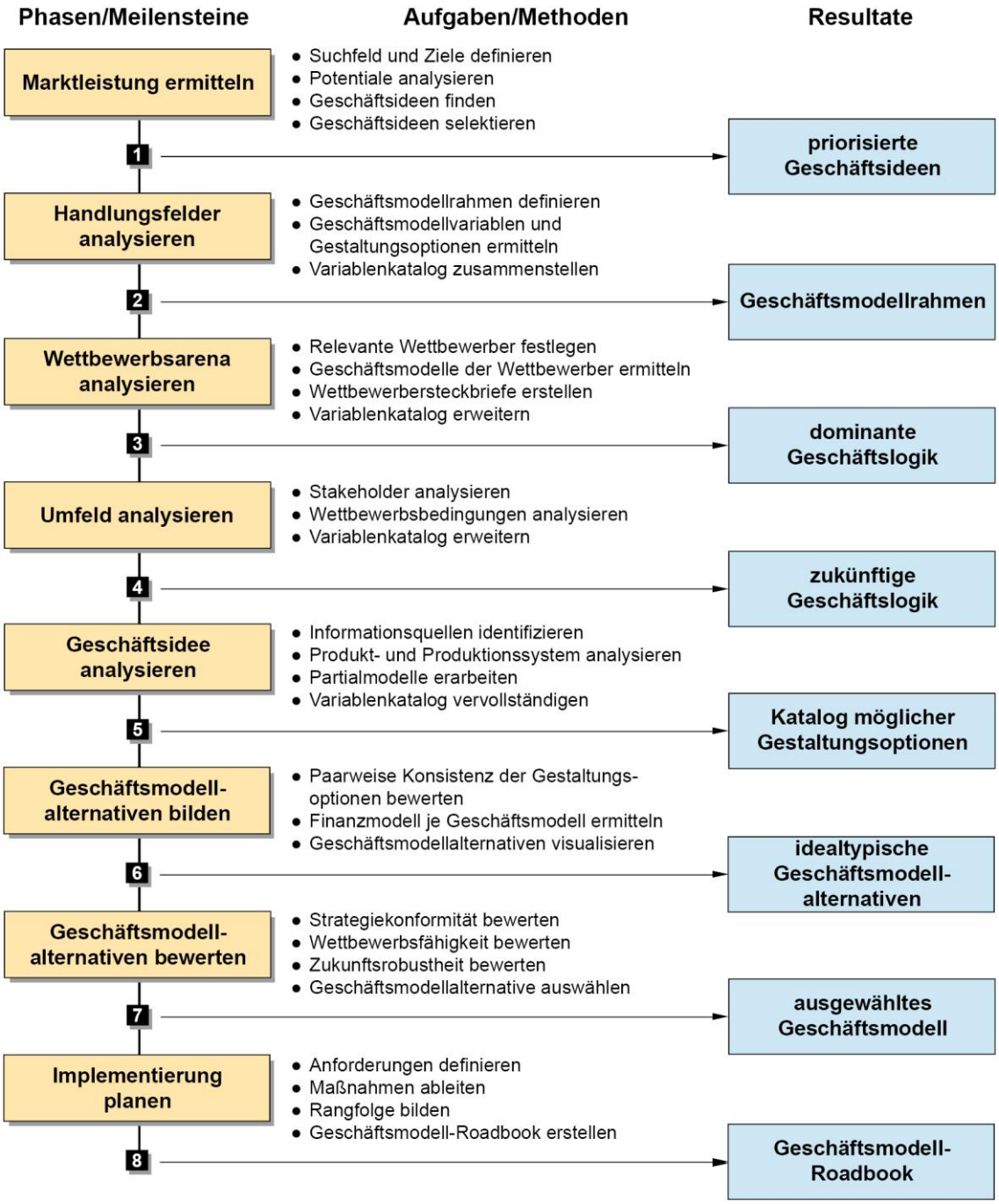

Bild 3-15: Vorgehensmodell zur Entwicklung von Geschäftsmodellen nach KÖSTER [Kös14, S. 86]

Marktleistung ermitteln: Kern der Phase ist die Generierung von Geschäftsideen. Grundlage dafür sind auf Kundenbedürfnissen und -problemen basierende Suchfelder und Ziele. Diese werden im Rahmen einer Potentialanalyse bewertet und zu attraktiven Geschäftsideen kombiniert. Mithilfe einer Chancen-Risiken-Analyse wird eine favorisierte Geschäftsidee bestimmt. Ergebnis sind *priorisierte Geschäftsideen* [Kös14, S. 88ff.].

Handlungsfelder analysieren: Für die favorisierte Idee werden zunächst grundsätzliche Gestaltungsoptionen ermittelt. Hierfür schlägt KÖSTER einen Geschäftsmodellrahmen vor (siehe Bild 3-16). Der Rahmen gliedert sich in die vier Partialmodelle Angebots-, Kunden-, Wertschöpfungs- und Finanzmodell, die jeweils Geschäftsmodellelemente umfassen. Mithilfe des *Geschäftsmodellrahmens* werden erste Geschäftsmodellvariablen sowie Gestaltungsoptionen ermittelt und zu einen *Variablenkatalog* zusammengefasst [Kös14, S. 96ff.].

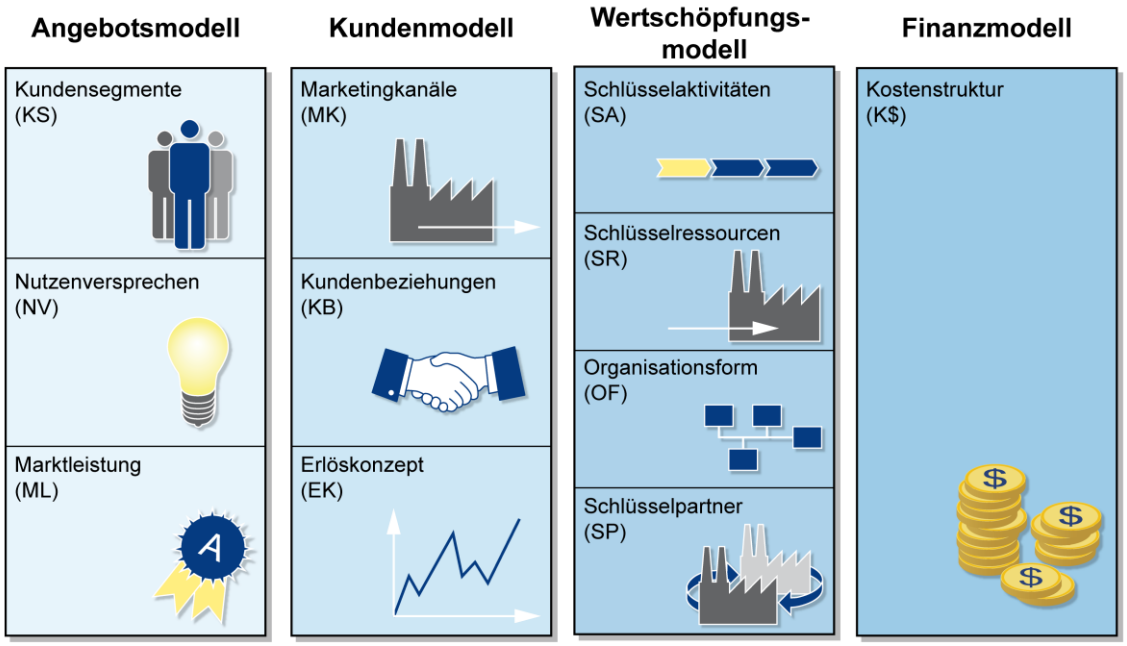

Bild 3-16: Geschäftsmodellrahmen nach KÖSTER [Kös14, S. 97]

Wettbewerbsarena analysieren: Ziel dieser Phase ist ein umfassendes Verständnis über die *dominante Geschäftslogik*, d. h. Kenntnis über die im Wettbewerb etablierten Geschäftsmodelle. Die relevanten Wettbewerber sind festzulegen, deren Geschäftsmodelle anhand von Geschäftsmodellvariablen und Gestaltungsoptionen zu beschreiben und der eigene Variablenkatalog gegebenenfalls um wettbewerbsspezifische Variablen zu erweitern [Kös14, S. 105ff.].

Umfeld analysieren: Entwicklungen im Geschäftsmodellumfeld führen oftmals zu einer Änderung der dominanten Geschäftslogik. Um diesen Veränderungen Rechnung zu tragen, werden zukunftsrelevante Geschäftsmodellvariablen und Gestaltungsoptionen identifiziert. Die antizipierten Veränderungen im Umfeld bilden die Grundlage für die *zukünftige Geschäftslogik* [Kös14, S. 108ff.].

Geschäftsidee analysieren: Im Rahmen dieser Phase werden weitere Geschäftsmodellvariablen und Gestaltungsoptionen identifiziert, die auf die spezifische Geschäftsidee abzielen. Hierbei betrachtet KÖSTER unter anderem Besonderheiten wie Marktleistungskon-

zept oder Wertschöpfungssystemkonzept[9]. In Kombination mit den Ergebnissen vorangegangener Phasen entsteht ein *Katalog möglicher Gestaltungsoptionen* [Kös14, S. 115ff.].

Geschäftsmodellalternativen bilden: Gegenstand dieser Phase ist die Bildung hochkonsistenter Geschäftsmodelle, welche methodisch auf der Szenario-Technik nach GAUSEMEIER ET AL. beruht. Die Alternativen bilden valide Möglichkeiten für einen Markteintritt mit der zugehörigen Geschäftsidee. Durch weitere Informationen wie spezifische Kostentreiber werden die Geschäftsmodellalternativen vervollständigt. Die Geschäftsmodelle werden anhand des Geschäftsmodellrahmens für die Kommunikation mit Stakeholdern visualisiert, sodass *idealtypische Geschäftsmodellalternativen* vorliegen [Kös14, S. 128ff.].

Geschäftsmodellalternativen bewerten: Die Bewertung alternativer Geschäftsmodelle erfolgt anhand der Kriterien Strategiekonformität, Wettbewerbsfähigkeit und Zukunftsrobustheit. Aus ihr resultiert die Geschäftsmodellpriorität als Maß für die Umsetzungspriorität. Das *ausgewählte Geschäftsmodell* wird aufgrund der Priorität zur Umsetzung empfohlen [Kös14, S. 135ff.].

Implementierung planen: Den Abschluss der Systematik bildet die Planung der Implementierung des ausgewählten Geschäftsmodells. Hierzu sind Anforderungen an die Umsetzung abzuleiten sowie entsprechende Maßnahmen zu definieren. Die notwendigen Informationen zur Implementierung werden in einem *Geschäftsmodell-Roadbook* festgehalten [Kös14, S. 139ff.].

Bewertung

KÖSTER liefert eine umfassende Systematik, welche die Entwicklung von Geschäftsmodellalternativen adressiert. In diesem Kontext wird ein Geschäftsmodellrahmen zur Dokumentation der Alternativen vorgeschlagen. Ein wesentlicher Bestandteil des Rahmens ist das Wertschöpfungsmodell. Die Systematik zielt allerdings nicht auf die Beschreibung des Wertschöpfungssystems ab, um bei allen Beteiligten ein einheitliches Verständnis zu erzeugen. In der Konsequenz werden wesentliche Anforderungen an eine Spezifikationstechnik nicht erfüllt. Gleichwohl stellt KÖSTER die Analyse des Umfelds sowie von Marktleistung und Wertschöpfungssystem als wichtige Bausteine für die Entwicklung eines Erfolg versprechenden Geschäftsmodells heraus. Die einzelnen Partialmodelle des Geschäftsmodellrahmens bieten zudem eine wertvolle Quelle für Informationen, welche im Rahmen der Spezifikation des Wertschöpfungssystems aufgegriffen werden können. Es ist daher zu prüfen, inwieweit sich der Geschäftsmodellrahmen nach KÖSTER als Startpunkt für die Spezifikation des Wertschöpfungssystems nutzen lässt.

---

[9] KÖSTER verwendet die Begriffe *Produkt-* und *Produktionssystemkonzept* [Kös14, S. 118]. Um eine einheitliche Begriffswelt in der Arbeit zu wahren, ist hier konsequent von *Marktleistungskonzept* und *Wertschöpfungssystemkonzept* die Rede (Abschnitt 2.1).

3.4.1.2 Interaktionsmodell nach WIRTZ

WIRTZ stellt mit seinem Interaktionsmodell einen komponentenbasierten Ansatz zur Beschreibung von Geschäftsmodellen bereit. Dieser umfasst insgesamt neun Partialmodelle, welche zu drei Komponenten zusammengefasst werden (siehe Bild 3-17): Strategische Komponente (Ressourcenmodell, Strategiemodell, Netzwerkmodell), Kunden- und Marktkomponente (Kundenmodell, Marktangebotsmodell, Erlösmodell) sowie die Wertschöpfungskomponente (Beschaffungsmodell, Leistungserstellungsmodell, Finanzmodell) [Wir13, S. 120ff.].

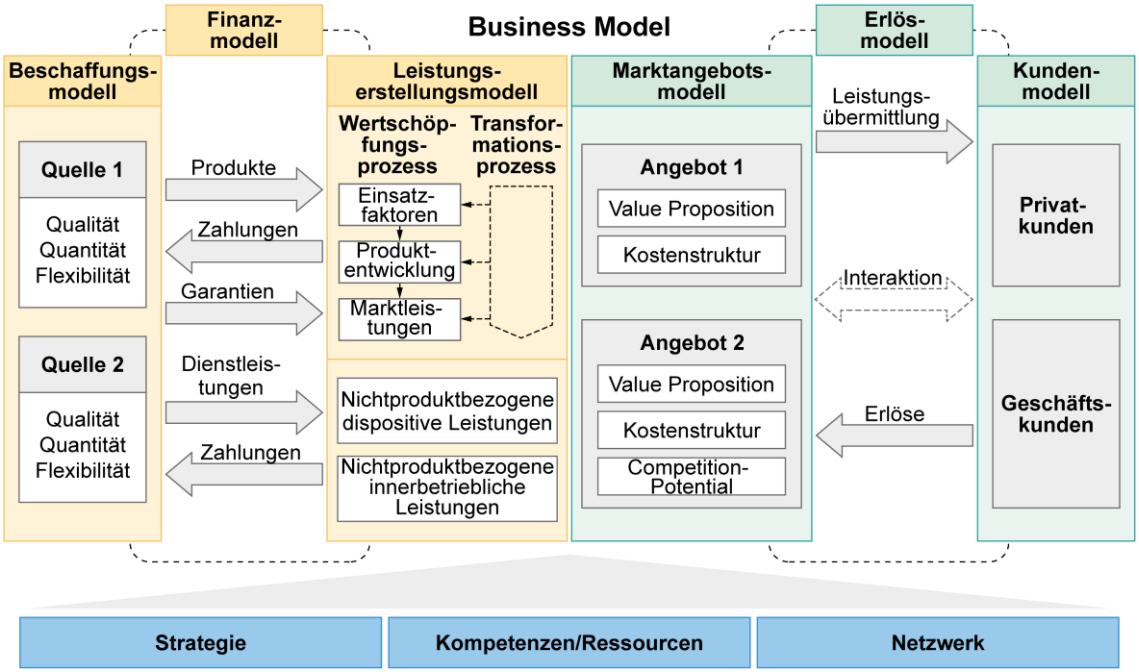

Bild 3-17: Interaktionsmodell nach WIRTZ [Wir10, S. 154]

Grundgedanke ist die integrative Betrachtung der Beziehungen und Interaktionen und das daraus resultierende Verständnis eines interdependenten Systems aus Partialmodellen [Wir10, S. 153]. Im Kern dieses Systems steht die Wertschöpfung, welche maßgeblich auf dem Strategie-, Ressourcen- und Netzwerkmodell aufbaut und sowohl das **Leistungserstellungs-** als auch das **Marktangebotsmodell** als zentrale Partialmodelle umfasst. Das Leistungserstellungsmodell zielt auf den Transformationsprozess ab (Umwandlung von Produktionsfaktoren in Marktleistungen), wohingegen das Marktangebotsmodell auf die Value Proposition und die Kostenstruktur abzielt. Das **Beschaffungsmodell** bildet die Quellen der Produktionsfaktoren sowie deren Auswahlkriterien ab. Des Weiteren werden nichtmarktleistungsbezogene, dispositive Leistungen sowie innerbetriebliche Leistungen unterstützt. Das **Finanzmodell** beinhaltet die Abwicklung der Beschaffung aus Finanz- und Güterflusssicht. Es verknüpft das Beschaffungs- und Leistungserstellungsmodell. Die für die Marktleistung relevanten Kundensegmente fasst WIRTZ im **Kundenmodell**

zusammen. Aufgabe des **Erlösmodells** ist die Verbindung von Marktangebots- und Kundenmodell. Es berücksichtigt die Leistungsübermittlung, die Interaktion mit dem Kunden sowie Zahlungsströme [Wir10, S. 153f.].

Bewertung

WIRTZ zeigt einen ganzheitlichen Ansatz zur Strukturierung des Geschäfts. Den strategischen Rahmen definieren neun Partialmodelle, die zu drei Komponenten zusammengefasst werden. Die Anordnung der Partialmodelle bildet die klassische Wertschöpfungskette ab – von der Beschaffung bis zum Kunden. Ziel des Interaktionsmodells ist ein ganzheitliches Verständnis für alle Beteiligten des Geschäfts. Dies wird durch die Darstellung von Beziehungen zwischen den Partialmodellen unterstützt. Es ist denkbar, diese auch im Rahmen der hier angestrebten Spezifikationstechnik zu verwenden. Die Visualisierung der einzelnen Partialmodelle erfolgt in der Regel textbasiert. Das genügt zwar einem Kommunikationsmittel, wird jedoch bei einem ausgearbeiteten Geschäftsmodell schnell unübersichtlich, wodurch das ganzheitliche Verständnis stark erschwert wird. Bemerkenswert ist der Kern des Ansatzes: WIRTZ stellt sowohl die Leistungserstellung als auch die Marktleistung ins Zentrum, welche auf dem Strategie-, Kompetenzen-/Ressourcen- und Netzwerkmodell beruhen. Eine naheliegende integrative Betrachtung von Leistungserstellung und dazugehöriger Marktleistung adressiert er nicht explizit.

3.4.1.3 Geschäftsmodellframework nach WEINER ET AL.

WEINER ET AL. präsentieren mit dem [moby]-Geschäftsmodellframework einen perspektivenbasierten Ansatz zur Abbildung eines Geschäftsmodells. Das Framework besteht aus einem übergeordneten Metamodell, welches die verschiedenen Perspektiven in Beziehung setzt. Innerhalb des Frameworks wird zwischen einer externen sowie einer internen Perspektive differenziert. Die **externe Perspektive** wird durch den Markt (Zielgruppen, Wettbewerb etc.) und das Angebot (Produkte und Dienstleistungen) ausgedrückt. Die **interne Perspektive** ist durch die finanziellen Aspekte (Kosten, Preismodell, Erlöse etc.) sowie die Wertschöpfung (Ressource, Fähigkeiten und Kompetenzen) geprägt. Die Nutzenbeschreibung bildet das Bindeglied zwischen externer und internen Perspektive (siehe Bild 3-18). Darüber hinaus empfehlen WEINER ET AL. eine Bearbeitungsreihenfolge der Perspektiven beim Entwurf des Geschäftsmodells; nachfolgend werden die einzelnen Perspektiven gemäß dieser Reihenfolge erläutert [WRW12b, S. 85ff.]:

- In der **Marktperspektive** werden Zielkunden, Wettbewerber, Partner und Kanäle sowie die Beziehungen des betrachteten Unternehmens mit diesen Akteuren beschrieben.
- Die **Angebotsperspektive** umfasst die eigentliche Marktleistung, d. h. Produkte und Dienstleistungen. Ergänzend werden auch komplementäre Angebote (z. B. von Partnern) oder notwendige Vereinbarungen (z. B. Service Levels) festgehalten.

- Die **finanziellen Aspekte** dokumentieren Kosten und Erlöse sowie Preismodelle, Gewinne, Investitionen und Umsatzverteilungen.
- Die **Wertschöpfungsperspektive** beinhaltet Fähigkeiten und Kompetenzen, erforderliche Ressourcen sowie die notwendigen Geschäftsprozesse zur Erstellung der Marktleistung und des Nutzenversprechens.
- Die **Nutzenbeschreibung** ist das Bindeglied zwischen den einzelnen Perspektiven. Eine Änderung in einer der Perspektive kann sich auf das Nutzenversprechen auswirken. Das gilt gleichermaßen beispielsweise für eine Änderung des Preismodells sowie der Auslagerung von Wertschöpfungsprozessen an Partner.

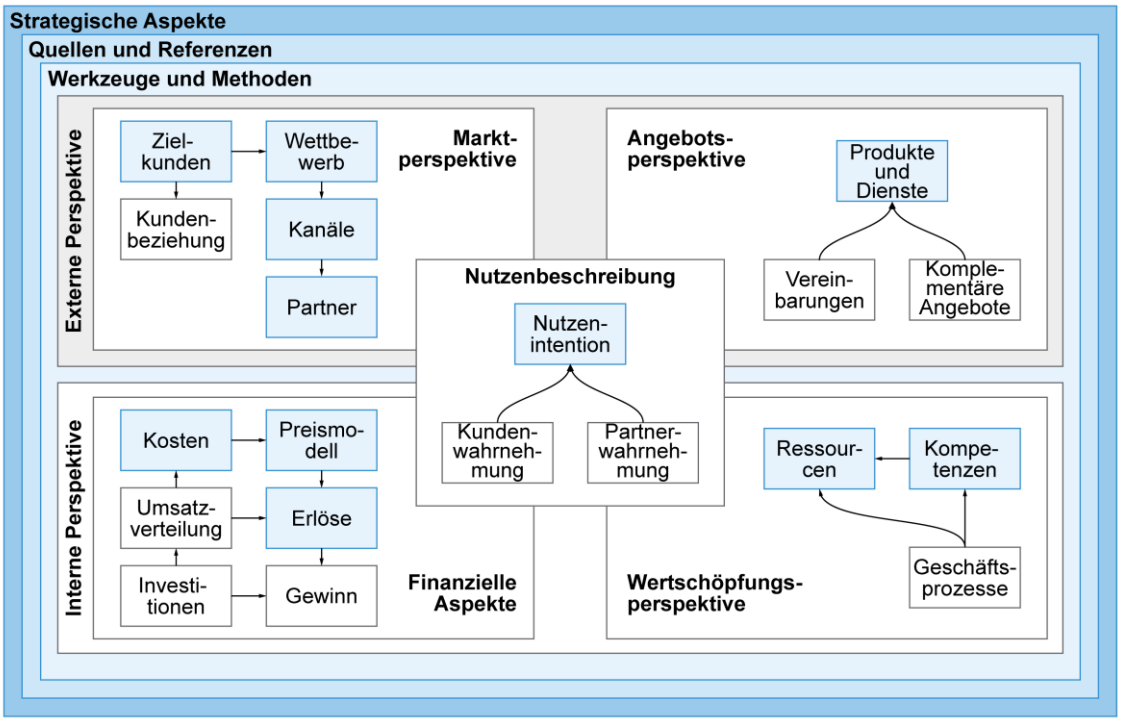

Bild 3-18: [moby]-Geschäftsmodellframework in Anlehnung an [WRW12b, S. 85]

Auf der Grundlage von Experteninterviews haben WEINER ET AL. für die Perspektiven Pflichtelemente und optionale Elemente eingeführt. Sind nicht alle Pflichtelemente beschreiben, liegt kein vollständiges Geschäftsmodell vor. Der Modellierungsaufwand wird hierdurch reduziert, indem nicht alle Perspektiven gleichermaßen modelliert werden müssen. Ferner ergänzen WEINER ET AL. die Geschäftsmodellebene um drei Querschnittsebenen: Werkzeuge und Methoden umfassen die methodische Hilfestellung bei der Ausarbeitung der Perspektiven; Quellen und Referenzen beschreiben weiterführende Informationen und bestehende Standards für die Konkretisierung; Strategische Aspekte enthalten einflussnehmende Strategien, die bei der Gestaltung unterstützen [WRW12b, S. 87].

Für die Visualisierung des Geschäftsmodells führen WEINER ET AL. die [moby]-Business Model Ontology ein, da das Metamodell u. a. keine Wechselwirkungen zwischen den

Perspektiven berücksichtigt und eine detaillierte Beschreibung der Elemente und Beziehungen nur eingeschränkt möglich ist (siehe Bild 3-19). Die [moby]-Business Model Ontology baut auf der Web Ontology Language[10] (OWL) auf. Die zugrundeliegende Ontologie stellt circa 30 verschiedene Elemente sowie ungefähr 60 verschiedene Flüsse zu deren Verknüpfung bereit. Diese Formalisierung ermöglicht die informationstechnische Integration und graphische Repräsentation z. B. als Kommunikations- und Kooperationsmittel. Der [moby]-Ansatz adressiert vornehmlich IT-Unternehmen und die Entwicklung ihrer Geschäftsmodelle [WRW12b, S. 85ff.], [WRW12a, S. 88ff.], [Ech16, S. 78f.].

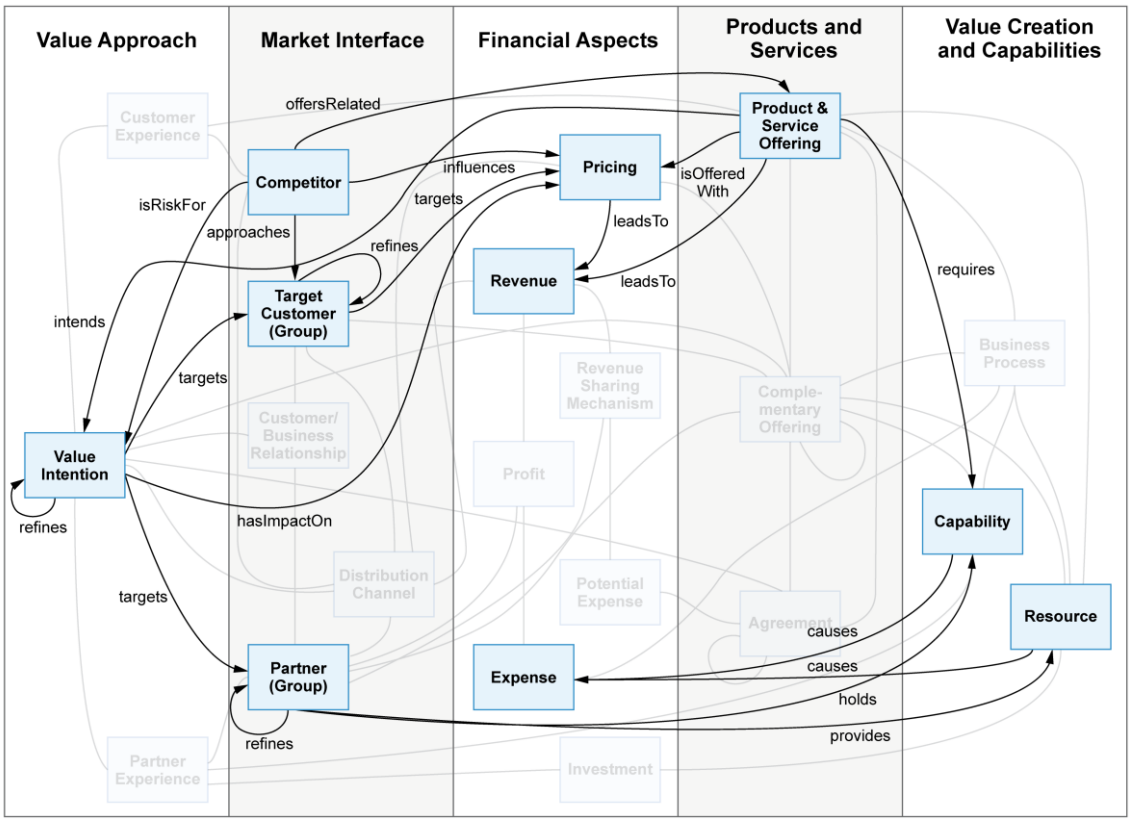

Bild 3-19: Visualisierung eines Geschäftsmodells (konfigurierte Perspektive) in Anlehnung an [WRW12b, S. 88]

Bewertung

WEINER ET AL. präsentieren einen umfassenden, perspektivenbasierten Ansatz zur Beschreibung von Geschäftsmodellen. Anhand von Perspektiven werden Geschäftsmodelle strukturiert. Dabei wird zwischen internen und externen Perspektiven unterschieden. Hier ist zu prüfen, ob derartige Perspektiven für die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen Gültigkeit besitzen und der Ansatz somit übertragbar ist. Das Vorgehen zeigt ledig-

[10] Die Web Ontology Language (OWL) wurde 2004 vom World Wide Web Consortium (W3C) als Ontologiesprache standardisiert [HKR+08, S. 125f.].

lich die empfohlene Bearbeitungsreihenfolge der Perspektiven, eine explizite Planungsunterstützung erfolgt nicht. Die visuelle Darstellung erfolgt mithilfe einer Ontologie. Hierdurch wird zwar eine Werkzeugunterstützung ermöglicht, die benutzungsfreundliche Anwendung ist jedoch nur bedingt gegeben. Hervorzuheben ist die Möglichkeit der Konfiguration von Perpsektiven zur Reduktion der Komplexität z. B. während der Kommunikation. Die hohe Anzahl möglicher Systemelemente und Beziehungstypen erscheint jedoch als zu hoch und damit wenig intuitiv.

3.4.2 Produktionssystemplanung

Essentieller Bestandteil von Wertschöpfungssystemen ist oftmals die Produktion einer Sachleistung. Dieser Abschnitt adressiert Ansätze aus dem Bereich Produktionssystemplanung, dessen Fokus auf einer ganzheitlichen Beschreibung von Produktionssystemen sowie dessen prozessualen Abläufen liegt. Dazu zählen das System kohärenter Partialmodelle zur Beschreibung der Produktionssystemspezifikation (vgl. Abschnitt 3.4.2.1), die Modellierung der Produktion nach WIENDAHL ET AL. (vgl. Abschnitt 3.4.2.2) sowie das Aachener Produktionsplanungs- und -steuerungs-Modell (vgl. Abschnitt 3.4.2.3).

3.4.2.1 System kohärenter Partialmodelle zur Beschreibung der Produktionssystemspezifikation

GAUSEMEIER ET AL. stellen eine Spezifikationstechnik vor, um das Konzept eines Produktionssystems domänenübergreifend zu beschreiben und damit eine Grundlage für die Kommunikation und Kooperation der beteiligten Akteure zu schaffen. Grundidee dabei ist das Konzept eines Produktionssystems in Aspekte zu gliedern[11]: *Anforderungen*, *Prozessfolge*, *Ressourcen* und *Gestalt des Produktionssystems* (siehe Bild 3-20). Alle Aspekte werden rechnerintern durch Partialmodelle repräsentiert. Verknüpft durch ihre Beziehungen ergeben sie ein konsistentes Produktionssystemkonzept, welches durch ein kohärentes System von Partialmodellen ganzheitlich beschrieben wird [GBR10, S. 715ff.], [Rey11, S. 69ff.].

[11] Um die integrative Entwicklung von Produkt und Produktionssystem zu unterstützen und deren wechselseitigen Abhängigkeiten zu berücksichtigen, entwickelten GAUEMEIER ET AL. die Spezifikationstechnik CONSENS – CONceptual design Specification technique for the Engineering of complex systems.[GLL12, S. 89ff.]. Für eine detaillierte Beschreibung sei auf die bereits genannte Literatur verwiesen.

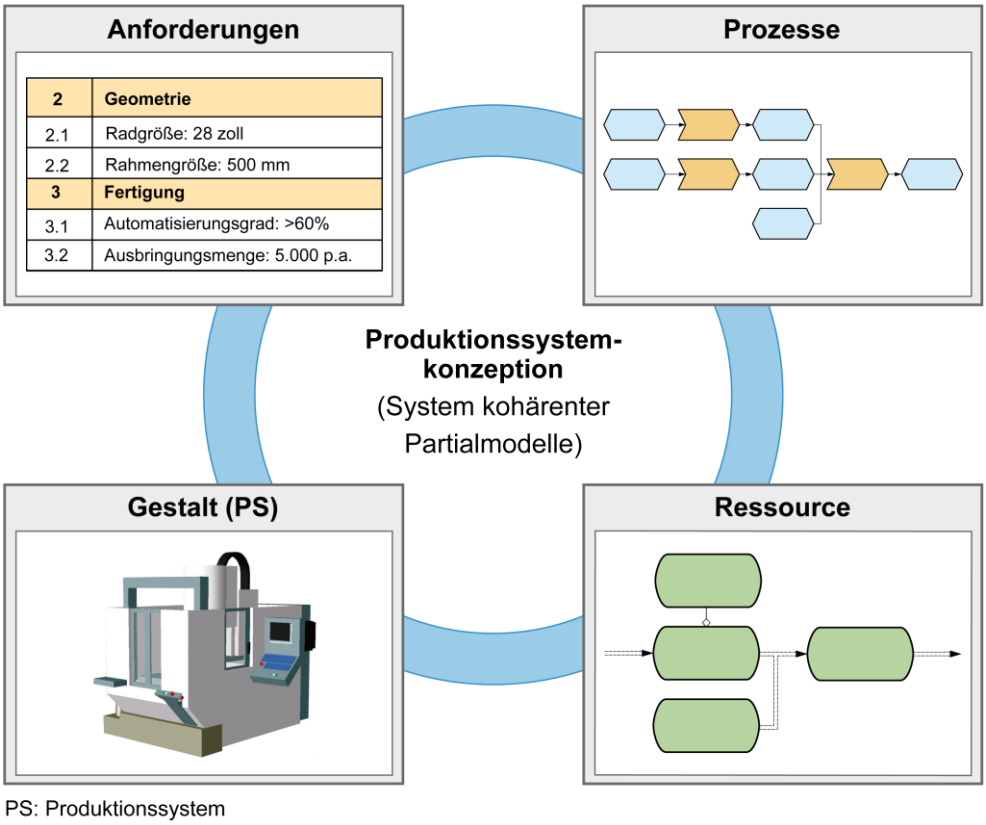

Bild 3-20: System kohärenter Partialmodelle zur Beschreibung der Produktionssystemspezifikation nach [GBR10, S. 716], [Rey11, S. 70]

- Das Partialmodell **Anforderungen** ist die rechnerinterne Repräsentation der Anforderungsliste – einer strukturierten Sammlung aller Anforderungen. Das Partialmodellbildet somit die Beschreibung des Produkts und des Produktionssystems gleichermaßen ab [GBR10, S. 717], [Rey11, S. 70ff.].

- Die **Prozessfolge** bildet den Kern der Produktionssystemkonzeption. Es beschreibt eine Folge von Arbeitsvorgängen (Prozessen) in Form einer betriebsmittelunabhängigen Montage- und Fertigungsreihenfolge. Weitere Attribute (Prozessparameter) spezifizieren die Vorgänge. Im Laufe des Entwicklungsgeschehens werden sie detailliert und konkretisiert. Materialelemente (z. B. Rohstoffe, Zulieferteile oder Handelswaren) beschreiben die Ein- und Ausgangsgrößen der Prozesse. Es können frühzeitig Wechselwirkungen zwischen Produkt und Produktionssystem erkannt und Restriktionen in die Produktentwicklung zurückgespielt werden. Im Rahmen der weiteren Konkretisierung ist die Prozessfolge Basis für die Arbeitsablaufplanung [GBR10, S. 717], [Rey11, S. 70ff.].

- Die **Ressourcen** führen die Arbeitsvorgänge des Partialmodells Prozessfolge aus. Sie umfassen die benötigten Arbeitsmittel sowie das Personal und werden im gleichnamigen Partialmodell rechnerintern abgebildet. Es erfolgt zudem eine Zuordnung zu den entsprechenden Arbeitsvorgängen, wobei eine Ressource mehrere Vorgänge ausführt. Die Verkettung der Ressourcen erfolgt durch Materialflüsse und leitet sich

aus der Prozessfolge ab. Parameter und Gestaltinformationen konkretisieren einzelne Ressourcen [GBR10, S. 718f.], [Rey11, S. 70ff.].

- Unter der **Gestalt des Produktionssystems** werden Arbeitsräume, Platzbedarfe von Maschinen oder Arbeitsbereiche von Handhabungseinrichtungen subsumiert. Es kann sich dabei beispielsweise um Listen mit Flächenbedarfen, Layout-Pläne oder CAD-Modelle handeln. Diese Informationen werden den jeweiligen Ressourcen zugeordnet. Von besonderer Relevanz sind die Gestaltinformationen für die Arbeitsstättenplanung [GBR10, S. 719], [Rey11, S. 70ff.].

Ergänzend zu dem System kohärenter Partialmodelle liefern GAUSEMEIER ET AL. ein grundsätzliches Vorgehen bei der Erstellung der einzelnen Partialmodelle[12]; unterstützt wird das Vorgehen durch eine Modellierungssprache. Zuerst wird auf Basis produktseitiger Informationen aus Wirkstruktur, Anforderungsliste und Gestalt die Baustruktur abgeleitet. Anschließend werden die Prozessfolge erstellt, die Ressourcen zugeordnet und durch ihre Gestaltinformationen detailliert sowie die Modellelemente durch Verknüpfungen verbunden [GBR10, S. 716ff.], [Rey11, S. 71ff.].

Bewertung

GAUSEMEIER ET AL. liefern einen Ansatz zur domänenübergreifenden Beschreibung des Produktionssystemkonzepts. Dafür wird das System in Aspekte gegliedert, die rechnerintern durch Partialmodelle repräsentiert werden und ein kohärentes System von Partialmodellen ergeben. Prinzipiell ist die Form der Strukturierung eines Systems für die angestrebte Spezifikationstechnik übertragbar. Es ist jedoch zu prüfen, welche Aspekte übernommen werden können und ob das Vorgehen zur Ableitung von Ressourcen auf Basis der Prozessfolge für die Spezifikationstechnik adaptierbar ist. Die Anwendung erfolgt in der Konzipierungsphase; Informationen aus der Strategischen Planung oder dem übergeordneten Wertschöpfungssystem werden dabei nicht berücksichtigt. Im Kern adressiert der Ansatz die Förderung der Kommunikation und Kooperation während des Entwicklungsgeschehens. Die bereitgestellte Modellierungssprache ist intuitiv anwendbar und benutzungsfreundlich.

3.4.2.2 Modellierung der Produktion nach WIENDAHL ET AL.

WIENDAHL ET AL. präsentieren einen Ansatz zur Modellierung der Produktion, welcher auf dem Trichtermodell zum Controlling von Prozessketten basiert [WRN09, S. 171], [WNB+12, S. 18f.]. In Anlehnung an kontinuierliche Prozesse der Verfahrenstechnik wird das Durchlaufverhalten jeder beliebigen Kapazitätseinheit einer Fertigung durch Zugang, Bestand und Abgang beschrieben. Ein Trichter repräsentiert den Zugang und den Bestand, die maximale Kapazität, die aktuelle Leistung sowie den Abgang. Die Prämisse

[12] Eine umfassende Systematik zur Konzipierung von Produktionssystemen auf Basis der Prinziplösung mechatronischer Systeme liefert [Nor12].

gilt für einen Arbeitsplatz, eine Arbeitsgruppe, einem Fertigungsbereich als auch für ein Lager[13] gleichermaßen. Die Aggregation sämtlicher Fertigungs-, Montage- und Lagerfunktion entlang der Hauptgeschäftsprozesse Beschaffung, Zukaufteillagerung, Fertigung, Halbfabrikatelagerung, Montage, Fertigwarenlager und Distribution ergibt ein *Modell der unternehmerischen Prozesskette* (siehe Bild 3-21).

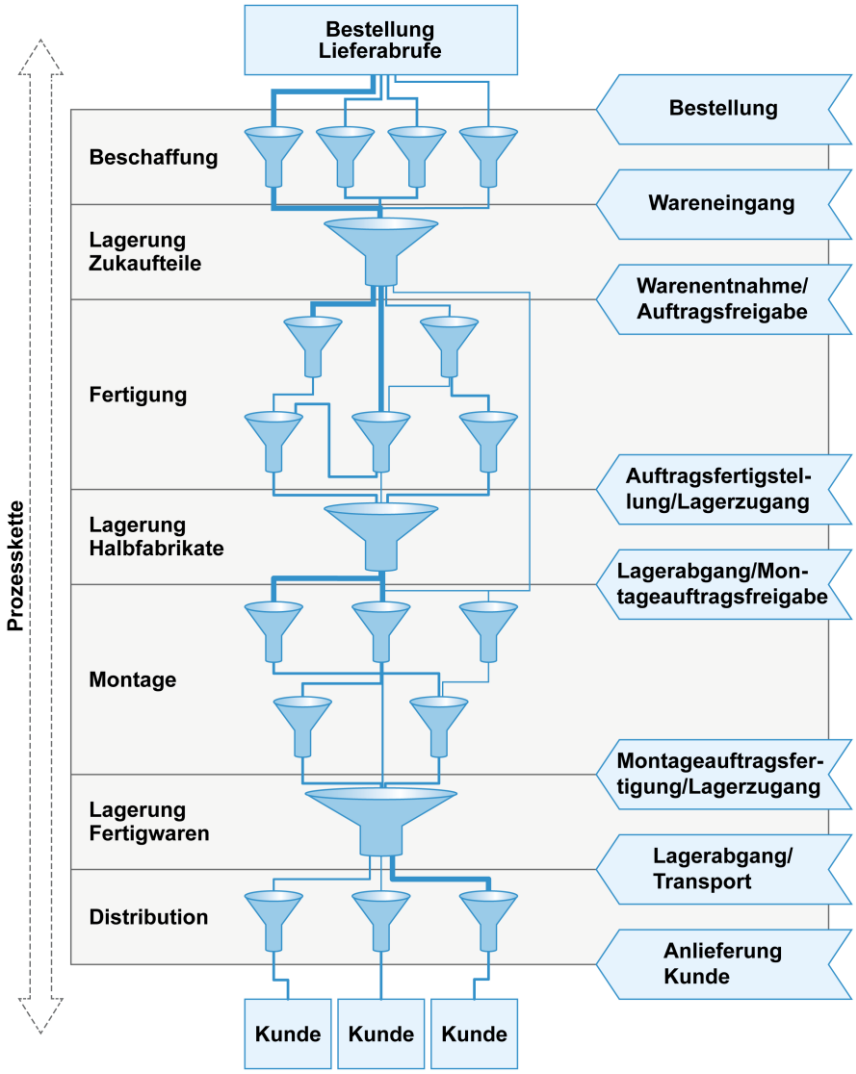

Bild 3-21: Modellierung der Produktion mithilfe des Trichtermodells in Anlehnung an [WNB+12, S. 19]

Das Modell wird ergänzt durch ein Durchlaufdiagramm sowie Produktionskennlinien. *Durchlaufdiagramme* bilden das dynamische Systemverhalten ab und eignen sich zur Vi-

[13] Ein Lager wird durch Zugangs- und Abgangsbuchungen beschrieben. Wesentlicher Unterschied zwischen Lager und Fertigung ist die nichtwertschöpfende Funktion des Lagers als Puffer [WNB+12, S. 18].

sualisierung von Bestand, Reichweite, Auslastung und Termintreue. *Produktionskennlinien* stellen ein Hilfsmittel zur Planung und Steuerung dar. Sie zeigen die funktionalen Wirkzusammenhänge zwischen Bestand und Leistung auf [WNB+12, S. 18ff.].

Zur unterstützenden Analyse ergänzen WIENDAHL ET AL. eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden zum Controlling der drei Bereiche Produktion, Bestand und Lieferkette. Das *Produktionscontrolling* umfasst eine Auftragssicht zur Analyse von Durchlaufzeiten und Termintreue sowie eine Ressourcensicht zur Bewertung von Durchsatz, Auslastung und Bestand. Aufgabe des *Bestandscontrollings* ist die Sicherstellung der strategischen oder geforderten Lieferbereitschaft mit möglichst geringen Beständen; methodisch werden hierfür das Lagerdurchlaufdiagramm und die Lagerkennlinie empfohlen. Die Darstellung des Zusammenhangs logistischer Parameter einer Wertkette ist Kern des *Lieferkettencontrollings* [WNB+12, S. 24ff.].

Bewertung

WIENDAHL ET AL. zeigen einen auf dem Hannoverschen Trichtermodell basierenden Ansatz zur Modellierung der Produktion. Kern ist die Beschreibung des dynamischen Systemverhaltens einer Fertigung durch die Größen Zugang, Bestand und Abgang. Das Vorgehen eignet sich prinzipiell, um die Fertigungs-, Montage und Lagerfunktionen entlang der Hauptgeschäftsprozesse eines Unternehmens abzubilden und unterstützen die Planung und Steuerung der Produktion. Das eigentliche Modell ist jedoch wenig intuitiv und benutzungsfreundlich. Ergänzend werden eine Vielzahl an Analysezwecken und entsprechende Methoden bereitgestellt. Vor diesem Hintergrund könnte der Ansatz einen Beitrag zur Analyse von Wertschöpfungssystemen leisten. Dabei ist allerdings anzumerken, dass WIENDAHL ET AL. vorwiegend auf eine logistische Lieferkette abzielen; weniger auf ein übergeordnetes Wertschöpfungssystem.

3.4.2.3 Aachener PPS-Modell

SCHUH ET AL. präsentieren mit dem Aachener Produktionsplanungs und -steuerungs-Modell (PPS-Modell) einen Ansatz zur ganzheitlichen Betrachtung eines Produktionssystems, dessen zentraler Baustein die Produktionsplanung und -steuerung darstellt. Ziel ist die Optimierung des gesamten Systems, d. h. die Abstimmung von Ressourcen und Prozessen eines Unternehmens sowie die der Partner auf die Wertschöpfung. Die Abstraktion und Vereinfachung durch modellhafte Abbildung aller relevanten Zusammenhänge sowie die Systembeschreibung aus unterschiedlichen Perspektiven bilden den Kern. Das Aachener PPS-Modell stellt dafür vier verknüpfte Referenzsichten bereit [SS12, S. 11ff.]: Aufgabensicht, Prozessarchitektursicht, Prozesssicht und Funktionssicht (siehe Bild 3-22).

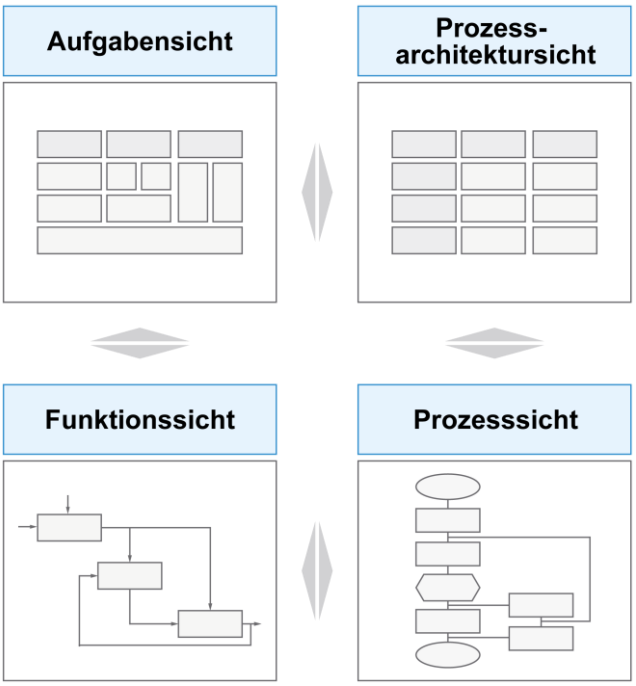

Bild 3-22: Referenzsichten des Aachener PPS-Modells in Anlehnung an [SS12, S. 18]

- Die **Aufgabensicht** umfasst die Beschreibung und Abgrenzung von Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung sowie der Auftragsabwicklung. Dabei steht die Zuordnung von Aufgaben sowohl zu Funktionsbereichen als auch zum Untersuchungsbereich im Fokus. Unterschieden werden unternehmensübergreifende Aufgaben sowie interne Kern- und Querschnittsaufgaben [SS12, S. 19ff.].
- Ziel der **Prozesssicht** ist ein konsistentes Prozessmodell eines Unternehmens. Dafür werden Prozesse auf Basis der Aufgaben abgeleitet, in eine logische Reihenfolge gebracht und Schnittstellen zu Prozessen und Partnern beschrieben. Die Auftragsabwicklung bildet den Schwerpunkt dieser Sicht [SS12, S. 23ff.].
- Die **Prozessarchitektursicht** ist das Bindeglied zwischen der Aufgaben- und Prozesssicht. Sie beschreibt die Verteilung und Koordination von unternehmensübergreifenden Prozessen unter Berücksichtigung der Systemstruktur, der Marktleistung und der Kollaborationsform. Gemeinsam mit der Prozesssicht schafft sie den Rahmen für die Gestaltungsstrategien, -prozesse und -aufgaben einer übergreifenden Planung und Steuerung [SS12, S. 21ff.].
- In der **Funktionssicht** werden Anforderungen an IT-Systeme[14] definiert, welche die innerbetriebliche PPS unterstützen. Die zu erfüllenden Funktionen werden semantisch anhand von Merkmalen beschrieben [SS12, S. 25ff.].

[14] Der Begriff IT-Systeme zielt im Kontext des Aachener PPS-Modells vornehmlich auf sogenannte Enterprise Ressource Planung Systeme (ERP-Systeme) sowie Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme (PPS-Systeme) ab [SS12, S. 25ff.].

Bewertung

SCHUH ET AL. liefern mit dem Aachener PPS-Modell einen Ansatz, der eine ganzheitliche Betrachtung von Produktionssystemen adressiert. Im Fokus steht die Produktionsplanung und -steuerung mit dem Ziel einer Verbesserung des Gesamtsystems. Das von SCHUH ET AL. vorgeschlagene Sichtenkonzept setzt bei der Auftragsabwicklung an und endet mit Anforderungen an IT-Systeme; für die Modellerstellung wird keine einheitliche Notation bereitgestellt. Des Weiteren werden Informationen aus der Strategischen Planung nicht explizit berücksichtigt. Vor diesem Hintergrund kann das Sichtenkonzept nicht ohne weiteres für die hier angestrebte Systematik verwendet werden. Dennoch könnten die Abhängigkeiten der einzelnen Sichten grundsätzliche Hinweise für ein systematisches Vorgehen für die Planung von Wertschöpfungssystemen liefern.

3.4.3 Logistikplanung

Die Logistik umfasst üblicherweise alle Aufgaben zur Planung, Koordination, Durchführung und Kontrolle von Materialflüssen sowie deren dazugehörigen Informationsflüsse. Sie stellt daher den verbindenden Charakter zwischen Akteuren innerhalb eines Wertschöpfungssystems dar. In diesem Abschnitt werden vorwiegend Ansätze des außerbetrieblichen Transports thematisiert. Dies sind das Supply-Chain Operations Reference-Modell (vgl. Abschnitt 3.4.3.1), das Supply-Chain-Management-Referenz und -aufgabenmodell (vgl. Abschnitt 3.4.3.2) und das Industrial Marketing and Purchasing Group-Interaktionsmodell (vgl. Abschnitt 3.4.3.3).

3.4.3.1 SCOR-Modell

Das SUPPLY-CHAIN COUNCIL[15] (SCC) stellt mit dem Supply-Chain Operations Reference-Model (SCOR) einen Ansatz vor, der eine einheitliche Beschreibung, Bewertung und Analyse von Lieferketten adressiert. Das Modell setzt dabei insbesondere auf eine *allgemeingültige Terminologie* zur Vereinfachung der Kommunikation und Vermeidung von Missverständnissen sowie definierte *Kennzahlen* und *Benchmarking-Prozesse* zur Messung der Leistungsfähigkeit. Ergänzend soll es als Referenzmodell das Verständnis für alle beteiligten Akteure innerhalb der Supply-Chain fördern [Sup12-ol, S. 6], [ZSM04, S. 515]. Die definierte Lieferkette umfasst dabei alle Akteure vom Vorlieferanten bis zum Endkunden sowie deren Prozesse, Beziehungen und Transaktionen.

[15] Das SUPPLY-CHAIN COUNCIL (SCC) ist eine international agierende Nonprofit-Organisation, die 1996 in den USA gegründet wurde [Sup12-ol, S. 5]. Im Jahr 2014 fusionierte das SUPPLY-CHAIN COUNCIL mit der ASSOCIATION FOR OPERATIONS MANAGEMENT (APICS) zur APICS SUPPLY-CHAIN COUNCIL (APICS SCC) [Sup14-ol].

Das SCOR-Modell unterscheidet grundsätzlich vier Ebenen mit zunehmendem Konkretisierungsgrad (siehe Bild 3-23): Top-Level (Prozesstypen), Konfiguration (Prozesskategorien), Gestaltung (Prozesselemente), Implementierung (Detaillierung der Prozesselemente). Die sind unternehmensübergreifend gültig und werden durch das Modell abgedeckt, wohingegen die letzte Ebene unternehmensspezifisch ist [HZS11, S. 105ff.], [Sup12-ol, S. 7].

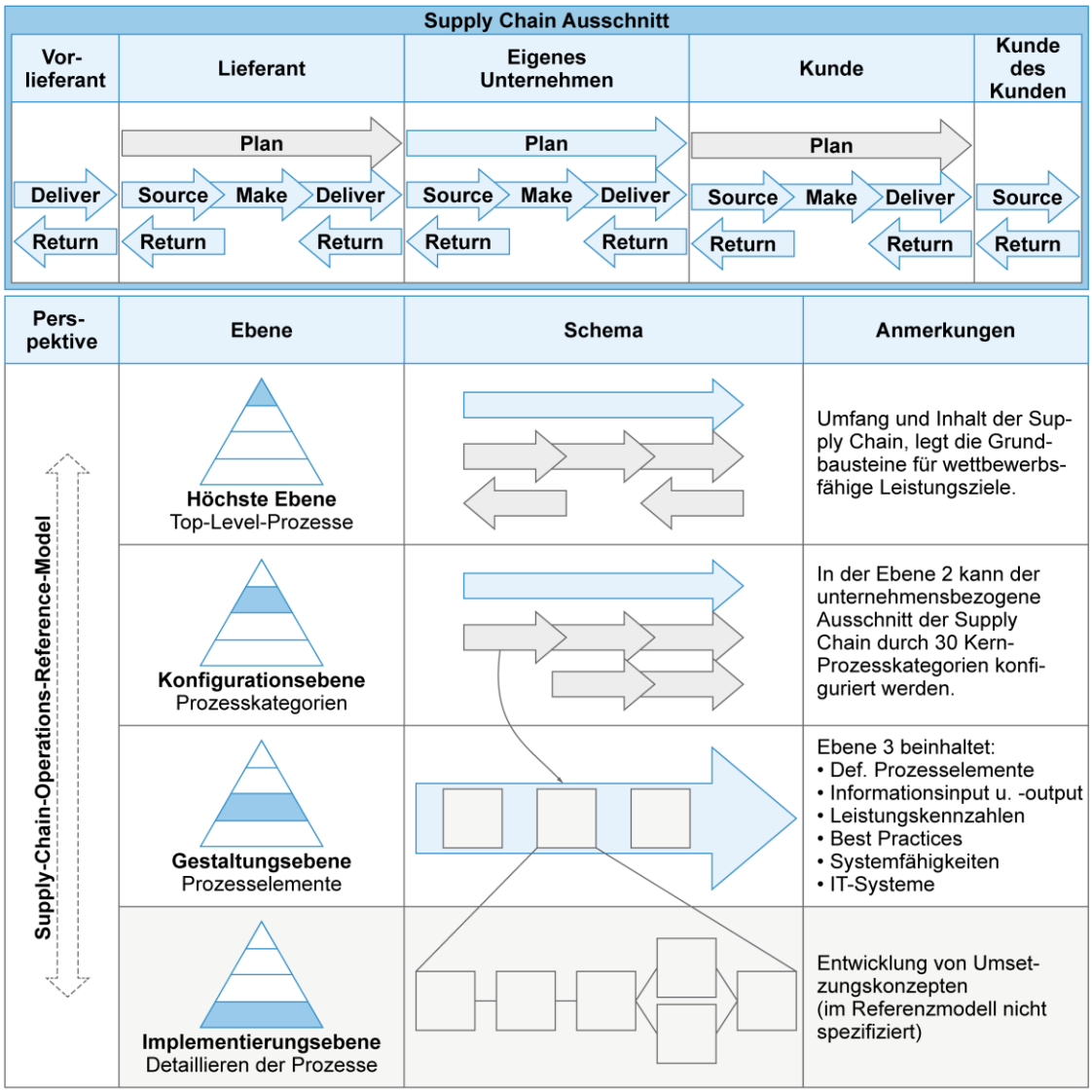

Bild 3-23: Suppy-Chain Operations Reference-Model (SCOR) in Anlehnung an [Sup05-ol, S. 6], [Sup12-ol, S. i.2]

Auf der *Top-Level-Ebene* werden fünf Grundprozesse definiert, die bei allen Akteuren ablaufen [Sup12-ol, S. 6], [HZS11, S. 106ff.]: Planung (Plan), Beschaffung (Source), Produktion (Make), Distribution (Deliver) und Rückführungsprozesse (Return).

- Die **Beschaffung** umfasst die Aktivitäten für die Beschaffung von Waren und Dienstleistungen. Das beinhaltet die Auswahl, den Erwerb, die Prüfung und Lagerung der Güter sowie die Auswahl und Bewertung der Zulieferer [Sup12-ol, S. 180ff.].
- Der Grundprozess **Produktion** adressiert die einzelnen Aktivitäten zur Herstellung, Qualitätssicherung und Lagerung. Darüber hinaus verknüpft er die Produktion mit dem Vertrieb im Sinne des Warentransports [Sup12-ol, S. 180ff.].
- Gegenstand der **Distribution** ist das Kundenauftragsmanagement, d. h. es umfasst alle Aktivitäten zur Erstellung, Wartung und Erfüllung von Kundenaufträgen. Darüber hinaus adressiert dieser Prozesstyp das Transport- und Lagermanagement [Sup12-ol, S. 180ff.].
- Aktivitäten zur Retoure von falschen oder defekten Waren decken die **Rückführungsprozesse** ab. Dazu zählen ebenfalls Rücksendungen von Verpackungs- oder Transportmaterialien [Sup12-ol, S. 180ff.].
- Die Koordination der Grundprozesse erfolgt im Rahmen der **Planung**. Sie bildet die Schnittstelle sowohl zwischen den Akteuren als auch zwischen den anderen Prozessen. Hier erfolgt z. B. die Synchronisation wichtiger Informationen aus dem Marketing oder der Logistik [Sup12-ol, S. 180ff.], [HZS11, S. 108].

Auf der *Konfigurationsebene* werden auf Basis der Grundprozesse eine unternehmensspezifische Supply-Chain abgeleitet und dessen strategische Ausrichtung (z. B. Kundenindividuelle Fertigung) festgelegt. Im Rahmen der Gestaltungsebene wird der Prozessablauf konkretisiert, indem die Supply-Chain Schritte zerlegt wird. Die unternehmensspezifische Umsetzung erfolgt auf der *Implementierungsebene* [HZS11, S. 108f.].

Bewertung

Das hier gezeigte SCOR-Modell ist ein etablierter, umfassender Ansatz zur Beschreibung, Bewertung und Analyse von Lieferketten; wichtige Bereiche von Wertschöpfungssystemen wie Services werden ausgeblendet. Dies erschwert eine abgestimmte Leistungserstellung im Sinne hybride Leistungsbündel. Bemerkenswert ist der hohe Standardisierungsgrad, was insbesondere der Integration von Partnern in das eigene Wertschöpfungssystem zugutekommt. Dies könnte einen wertvollen Beitrag für das im Rahmen der Arbeit angestrebte Kommunikations- und Kooperationsmittel leisten. Zugleich weist das SCOR-Modell jedoch einen hohen Abstraktionsgrad auf und erfordert eine hohe Einarbeitungszeit, wodurch es weder intuitiv verständlich noch benutzungsfreundlich ist. Ferner wird es nicht durch eine geeignete Modellierungssprache unterstützt. Dennoch liefert das Modell durch die Strukturierung in Ebenen, Grundprozesse sowie die Kennzahlen einen interessanten Rahmen zur Strukturierung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Es ist zu prüfen, inwieweit dies auf die Spezifikationstechnik adaptiert werden kann.

3.4.3.2 Supply-Chain-Management-Referenz- und Aufgabenmodell

Das von dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie dem Betriebswissenschaftlichen Zentrum BWI der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich entwickelte Supply-Chain-Management-Referenz- und Aufgabenmodell baut auf dem SCOR-Modell auf. Anspruch ist eine generische, idealtypische Beschreibung einer Lieferkette. Das Modell umfasst drei Hauptebenen [HZS11, S. 110]: Design, Planung, Ausführung (siehe Bild 3-24).

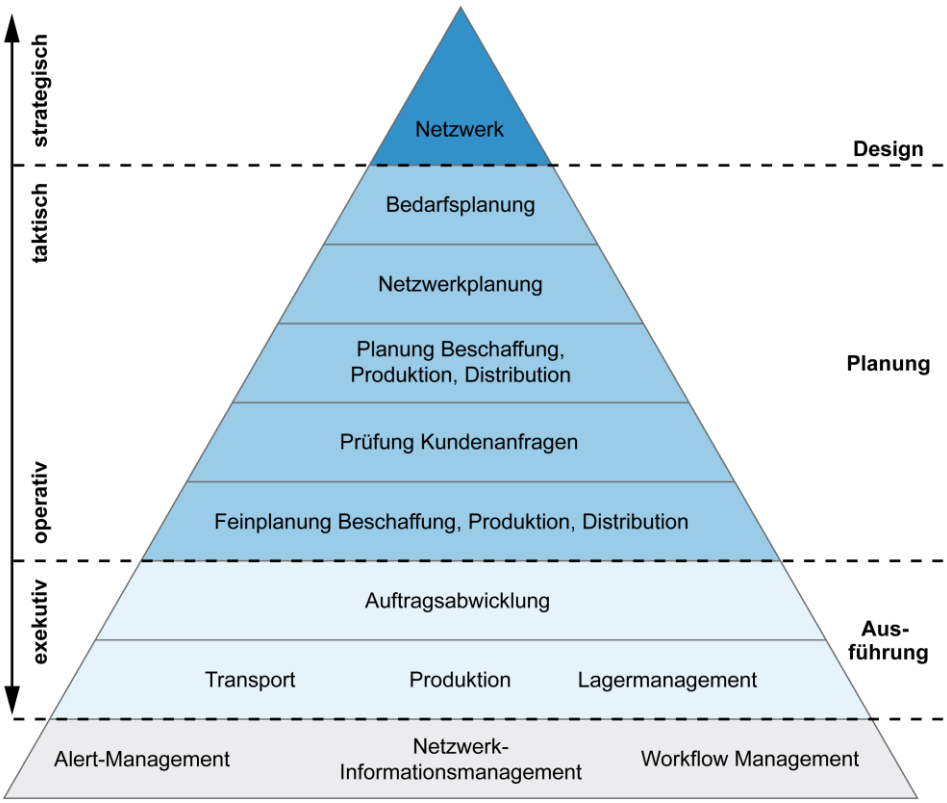

Bild 3-24: Supply-Chain-Management-Referenz- und Aufgabenmodell in Anlehnung an [HZS11, S. 111]

- Das **Design** (Strategic Network Design) legt die Struktur und die Ausrichtung der Lieferkette fest [HLN04, S. 104ff.]. Übergeordnete Prämisse ist die Kostenminimierung. Als Leitlinie für die Ableitung von Zielen und Bewertung von Investitionsentscheidungen dient die Strategie des Supply-Chain-Managements. Des Weiteren werden Veränderungen im Netzwerk bewertet und deren Folgen betrachtet (z. B. Veränderung von Zulieferern, Nutzung neuer Distributionskanäle). Ebenfalls erfolgt im Rahmen des Designs eine Analyse von Marktleistungen und Lieferkettenalternativen [HZS11, S. 111ff.].

- Gegenstand der **Planung** (Supply-Chain-Planning SCP) ist die Bestimmung der zur Auftragsabwicklung notwendigen Kapazitäten entlang der Lieferkette. Der Aufgabenkomplex umfasst dabei acht Bereiche: (1) Die *Bedarfsplanung* zur Prognose des

Bedarfs und Schaffung von Transparenz entlang der Kette; (2) die *Netzwerkplanung* zur Koordination interner sowie externer Partner; (3) die *Beschaffungsplanung* zur Optimierung der Warenversorgung; (4) die *Distributionsplanung* zur Optimierung der Warenverteilung und Lagerbestände; (5) die *Prüfung* von *Kundenanfragen* zu dessen Machbarkeitsuntersuchung, (6) die *Beschaffungsfeinplanung* zur Ausarbeitung von Anliefermengen; (7) die *Distributionsfeinplanung* zur Bestimmung von z. B. Transportmitteln und Routen für eine termingerechten Lieferung; (8) die *kollaborative Planung* zur Synchronisierung aller Akteure innerhalb des Wertschöpfungssystems [HZS11, S. 112ff.].

- Ziel der **Ausführung** (Supply-Chain-Execution SCE) ist die unmittelbare Verbesserung der Kundenzufriedenheit durch Kontrolle der Lieferkette. Dafür werden die Ergebnisse der Feinplanung systemtechnisch umgesetzt [HZS11, S. 113].

Bewertung

Fraunhofer IML, Fraunhofer IPA sowie das Betriebswissenschaftliche Zentrum BWI präsentieren ein Aufgaben- und Referenzmodell, welches den Anspruch einer idealtypischen Beschreibung der Supply-Chain erhebt. Es ist eine Weiterentwicklung des SCOR-Modells. Die Aufgaben gruppieren sich um den Kern des strategischen, taktischen und exekutiven Supply-Chain-Managements. Die strategische Ebene zielt unter anderem auf die Gestaltung von Lieferketten sowie die Analyse alternative Wertschöpfungssysteme für eine Marktleistung. Eine Unterstützung durch ein Vorgehen oder eine Modellierungssprache wie sie im Rahmen dieser Arbeit angestrebte Spezifikationstechnik avisiert, werden weder für die Gestaltung noch für die Analyse bereitgestellt. Die Autoren adressieren darüber hinaus die kollaborative Planung einer Lieferkette, liefern allerdings keinen Ansatz, wie ein einheitliches Verständnis für die Vielzahl unterschiedlicher Akteure innerhalb eines Wertschöpfungssystems erzielt werden kann. Es ist zu prüfen, ob die definierten Aufgaben auf ein Vorgehen zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen übertragen werden können. Zielgruppe des gezeigten Modells sind Handelsunternehmen.

3.4.3.3 IMP-Interaktionsmodell

Die Industrial Marketing and Purchasing Group[16] (IMP Group) präsentiert einen Ansatz, der die Interaktionen und Wechselwirkungen zwischen Organisationen adressiert. Bestandteile sind [PF04, S. 10ff.], [For02, S. 19ff.]: Interaktionsprozess, Akteure, Atmosphäre und Umfeld (siehe Bild 3-25).

[16] Die Industrial Marketing and Purchasing Group (IMP Group) wurde im Jahr 1976 als europäische Forschungsinitiative der Universitäten Uppsala (Schweden), Bath (England), Manchester (England), French Ecole Superieure de Commerce (Frankreich), Emylon Business School (Frankreich) und der Ludwig-Maximilians-Universität München (Deutschland) gegründet [For02, S. 1f.].

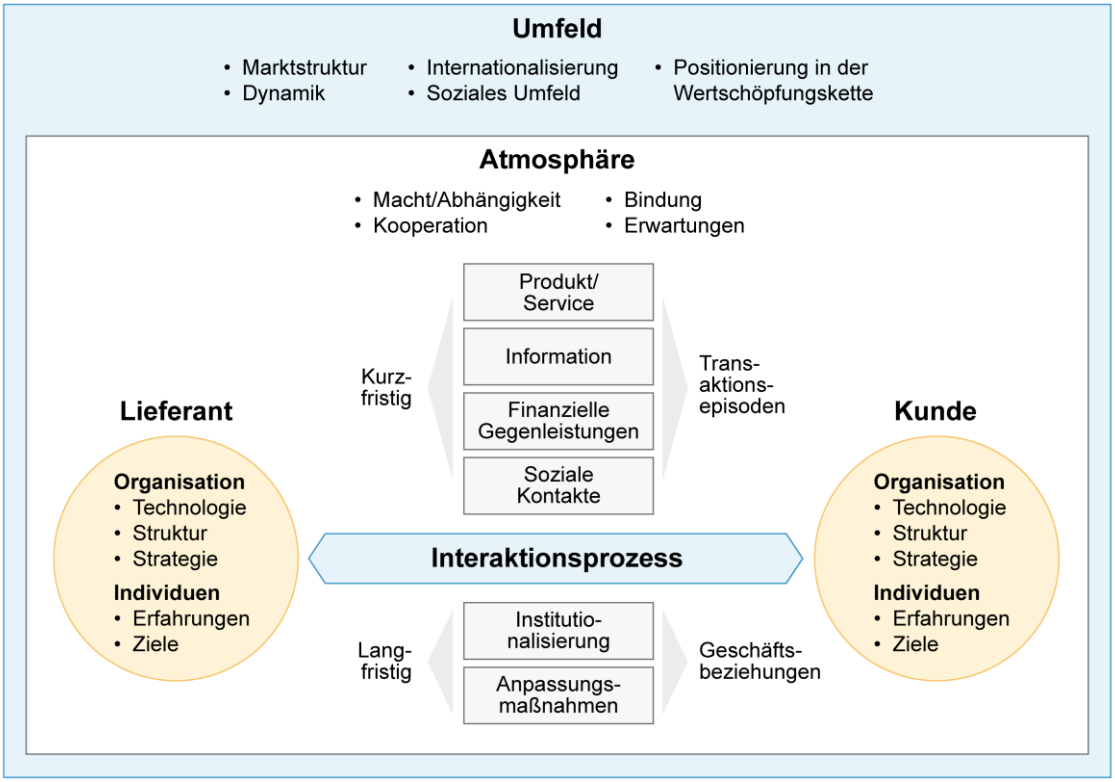

Bild 3-25: Bestandteile des IMP-Modells in Anlehnung an [PF04, S. 10], [For02, S. 29]

- Zentrale Gestaltungsgröße ist der **Interaktionsprozess**. Unterschieden werden kurz- und langfristige Prozesse. Kurzfristige Prozesse werden als Transaktionsepisoden bezeichnet und umfassen einzelne Beziehungen z. B. Leistungs-, Informations-, Finanzaustausch, wohingegen Geschäftsbeziehungen langfristige Prozesse kennzeichnen [PF04, S. 10], [For02, S. 23f.].
- Als **Akteure** können sowohl Organisationen als auch Individuen auftreten; Organisationen werden durch Technologie, Struktur sowie Strategie charakterisiert und Individuen anhand ihrer Ziele und Erfahrungen beschrieben. Beide können entweder die Rolle des Lieferanten oder die des Kunden einnehmen [PF04, S. 10], [For02, S. 25f.].
- Macht- und Abhängigkeitsverhältnisse zwischen den Akteuren, die Intensität ihrer Bindung und Kooperation sowie die gegenseitigen Erwartungen werden im Rahmen der **Atmosphäre** adressiert [PF04, S. 11], [For02, S. 27ff.].
- Den situativen Rahmen der Interaktionen schafft das **Umfeld**. Dies beinhaltet Marktstruktur und -dynamik, Internationalisierung, Positionierung im Wertschöpfungssystem sowie das soziale Umfeld [PF04, S. 11], [For02, S. 26f.].

Bewertung

Die IMP Group liefert ein Modell, das Interaktionen und Wechselwirkungen zwischen Organisationen adressiert. Hierfür wurden vier Bestandteile betrachtet, welche die Zusammenhänge von Beziehungen beschreiben. Wenngleich sie nur einen ersten Ansatz zur Strukturierung bieten, ist zu prüfen, ob sie sich für die Beschreibung von Wertschöpfungssystemen eignen. Ein systematisches Vorgehen sowie eine Unterstützung für die Planung von Wertschöpfungssystemen werden nicht präsentiert. Die Charakterisierung von Organisation und Individuum liefert Hinweise auf potentielle Analysefelder. Die Modellierung beschränkt sich auf die reine Interaktionsbeziehung zwischen Akteuren; eine einheitliche Modellierungssprache zur Visualisierung fehlt; die Anwendung ist wenig intuitiv.

3.4.4 Dienstleistungsplanung

Dienstleistungen sind ein essentieller Bestandteil von Marktleistungen. Eine Voraussetzung für die integrative Planung von Geschäft, Marktleistung und Leistungserstellung ist die einheitliche Beschreibung der einzelnen Bestandteile. Daher werden im Folgenden Ansätze zur Beschreibung von Dienstleistungen präsentiert. Die untersuchten Ansätze aus dem Bereich Dienstleistungsplanung sind das Konzept des modellgestützten Service Systems Engineering nach KLEIN (vgl. Abschnitt 3.4.4.1), das Integrierte Rahmenkonzept zum ganzheitlichen Design von Dienstleistungen nach SCHEER ET AL. (vgl. Abschnitt 3.4.4.2) sowie das Service Blueprinting (vgl. Abschnitt 3.4.4.3).

3.4.4.1 Service Systems Engineerings nach KLEIN

KLEIN stellt ein Konzept zum modellgestützten Service Systems Engineering vor, bei dem Leistung als Ergebnis von Geschäftsprozessen im Vordergrund steht [BKB+09, S. 9], [Kle07, S. 121ff.]. Ein Metamodell bildet die Grundlage für eine interdisziplinäre Kommunikation entlang des Entwicklungsgeschehens [Kle07, S. 121ff.]. Es besteht aus zwei übergeordneten Teilsystemen: Prozess- und Objektsystem (siehe Bild 3-26).

- Das **Prozesssystem** zielt auf das eigentliche Projektmanagement des Entwicklungsvorhabens ab. Dafür stehen die Elemente Entscheidung, Funktion und Organisation bereit. Entscheidung umfasst die Kommunikation von Entscheidungen. Funktionen bildet sämtliche Aktivitäten zur Aufrechterhaltung des Entwicklungsgeschehens sowie zur Zielerreichung ab. Die Projektstruktur wird durch das Element Organisation abgebildet; es werden der Projektablauf und das Organigramm berücksichtigt. [Kle07, S. 142ff.].
- Das **Objektsystem** behandelt im Gegensatz zum Prozesssystem die Gestaltung und Erbringung der eigentlichen Dienstleistung. Es unterteilt sich in Konstruktions- und Leistungssystem. Das *Konstruktionssystem* repräsentiert die Dienstleistungsentwicklung – von der Idee bis zur Dienstleistungskonzeption. Hierfür werden verschiedene

Modelle bereitgestellt: (1) Ideenmodell zur Generierung von Dienstleistungsideen; (2) Wettbewerber- und Kundenmodell zur Analyse von Markterfordernissen sowie Kundenbedürfnissen; (3) Anforderungen-, Funktionalitäten- und Qualitätselementemodell zur Spezifikation konkreter Leistungsmerkmale der Dienstleistung. Demgegenüber thematisiert das *Leistungssystem* die Operationalisierung der Dienstleistung. Es wird durch die Subsysteme der drei Modelle Produkt, Prozess und Ressource definiert: (1) Das Produktmodell definiert die Bestandteile der Dienstleistung, die Leistungsinhalte im Sinne des Nutzenversprechens und das Resultat der Leistungserstellung; (2) das Prozessmodell drückt die Leistungserstellung unter Berücksichtigung von Schnittstellen und Fehlerquellen aus; (3) das Ressourcenmodell enthält die zur Erbringung erforderlichen unternehmensinternen sowie -übergreifenden Ressourcen [Kle07, S. 156ff.].

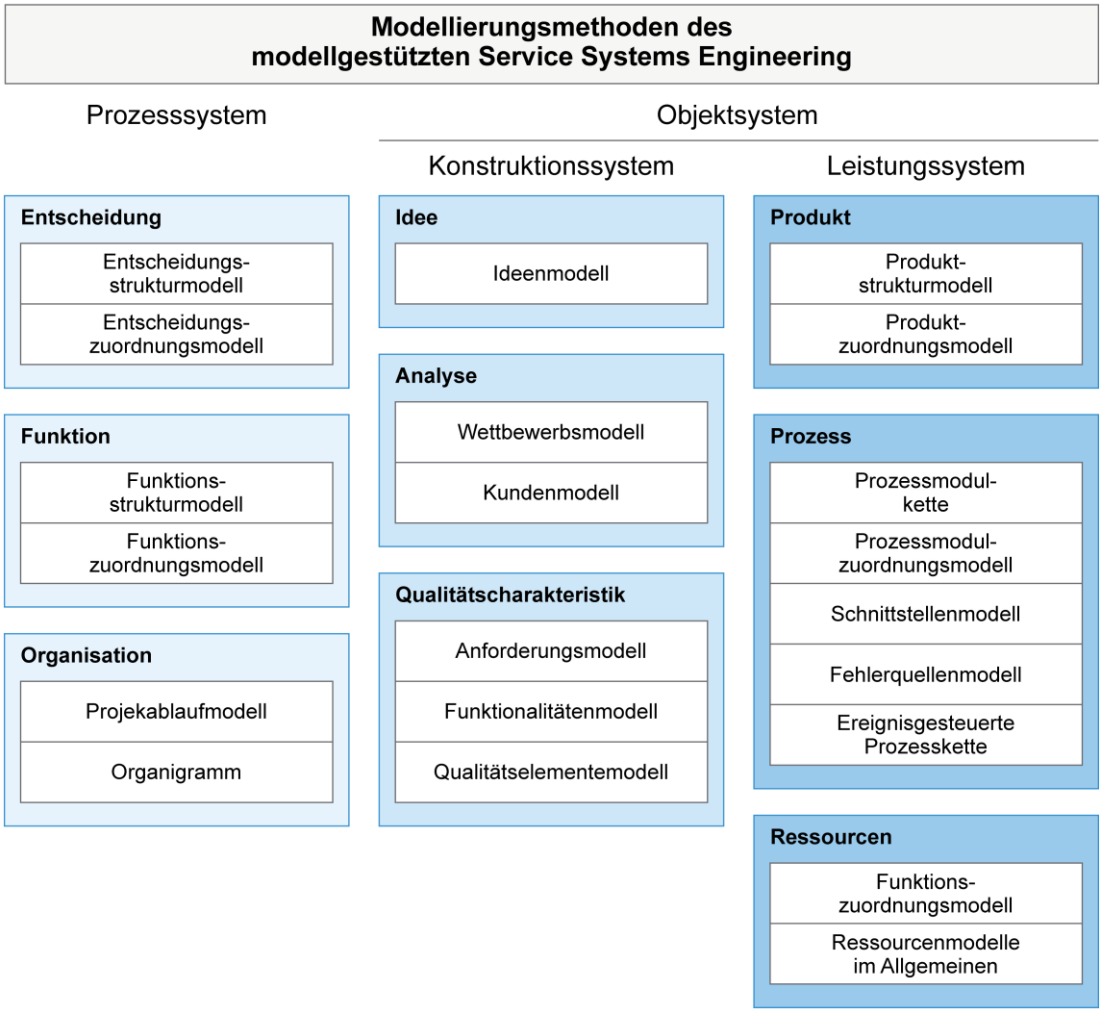

Bild 3-26: Aspekte des modellgestützten Service Systems Engineerings in Anlehnung an [Kle07, S. 143]

Bewertung

KLEIN liefert einen umfangreichen Ansatz zum modellgestützten Service Systems Engineering. Im Kern werden Modelle zur ganzheitlichen Beschreibung von Dienstleistungen verwendet. Sie zielen auf die interdisziplinäre Kommunikation während des Entwicklungsgeschehens ab. Im Kontext von Wertschöpfungssystemen ist zu prüfen, inwieweit die von KLEIN definierten Systeme sich für die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen eignen und auf die hier angestrebte Spezifikationstechnik übertragen werden können. Ein explizites Vorgehen für eine modellgestützte Dienstleistungsentwicklung wird nicht bereitgestellt. Bemerkenswert ist das Sprachenkonzept, welches aus einer Syntax sowie einer korrespondierenden graphischen Notation besteht; es ist jedoch wenig intuitiv und benutzungsfreundlich. Darüber hinaus wird es nicht durch ein geeignetes Werkzeug unterstützt.

3.4.4.2 Integriertes Rahmenkonzept zum ganzheitlichen Design von Dienstleistungen nach SCHEER ET AL.

SCHEER ET AL. stellen ein integriertes Rahmenkonzept vor, welches das ganzheitliche Design von Dienstleistungen fokussiert. Die Gestaltung von Dienstleistungen wird als Entwicklungsaufgabe angesehen. Das Rahmenwerk ist in die Architektur Integrierter Informationssysteme[17] (ARIS) eingebettet. Für die Visualisierung von Dienstleistungen wird ein Set an Modellierungsmethoden präsentiert und anhand der drei Dimensionen beschrieben (siehe Bild 3-27): Produktmodell, Prozessmodell und Ressourcenmodell [GKS02, S. 16ff.], [SGK06, S. 31ff.].

- Das **Produktmodell** spiegelt charakteristische Informationen der Dienstleistung über dessen Lebenszyklus wider. Das Rahmenwerk unterscheidet zwischen Leistungsbaum und Leistungszuordnungsdiagramm; für beide Typen werden interne und externe Sichtweisen aufgespannt. Der *Leistungsbaum* bildet das Leistungsangebot der Organisation ab; sprich die Sach- und Dienstleistungen. Die externe Sicht kombiniert die dedizierten Leistungen zu einer verkaufsfähigen Marktleistung, wohingegen der interne Leistungsbaum das Leistungsspektrum der Organisation umfasst. Das *Leistungszuordnungsdiagramm* zielt auf die Spezifikation der dedizierten Leistung. Die externe Sicht stellt Begleitinformationen für den Verkauf (Vertriebsweg, Zielgruppe etc.) in den Vordergrund, wohingegen sich das interne Leistungszuordnungsdiagramm auf die unternehmensinterne Leistungsbeschreibung (Verantwortlichkeiten, Gesetze etc.) konzentriert [SGK06, S. 34ff.], [GKS02, S. 24ff.].

[17] Die Architektur Integrierter Informationssysteme (ARIS) wird zur Modellierung von Unternehmen eingesetzt. Dafür werden vier Sichten (Organisation, Daten, Funktionen und Steuerung) zu einem unternehmerischen Gesamtmodell kombiniert [GP14, S. 251]. Für eine detaillierte Beschreibung von ARIS sei an dieser Stelle auf [Sch01] verwiesen.

- Das **Prozessmodell** bringt die zeitlich-logische Abfolge der Erbringung zum Ausdruck. Es setzt sich zusammen aus der Prozessmodulkette für eine abstrahierte und der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) für eine detaillierte Beschreibung. Die *Prozessmodulkette* adressiert die Dekomposition des Leistungserstellung in handhabbare Module. Als gekapselte Einheit repräsentieren Module einen Teil des Gesamtprozesses, welcher sich durch die ihre Kombination ergibt. SCHEER ET AL. empfehlen die Module als marktleistungsunabhängige Prozessbausteine zu definieren, um die Wiederverwendbarkeit zu steigern und bei zukünftigen Entwicklungsprozessen darauf zurückgreifen zu können. Zur detaillierten Beschreibung der Prozessbausteine wird die *Ereignisgesteuerte Prozesskette* eingesetzt [SGK06, S. 37ff.], [GKS02, S. 20ff.].

- **Ressourcenmodelle** beschreiben die internen und externen Faktoren (z. B. Betriebsmittel, Arbeitsleistung, Informationen), die zur Erbringung der Dienstleistung kombiniert und transformiert werden. Hierfür stellen SCHEER ET AL. verschiedene Elemente bereit: Das *Funktionszuordnungsdiagram*, um Prozess- und Ressourcenmodelle zu verknüpfen. Kern ist die Modellierung der Interaktion zwischen Organisationseinheit und Kunde sowie deren Intensität. Zudem können weitere Aspekte wie Fehlerquellen, Informationssysteme annotiert werden. Schwachstellen und Risiken bei der Dienstleistungserbringung werden durch das *Fehlerquellendiagramm* abgebildet. Weitere Ressourcenmodelle sind das Organigramm, die Wissenslandkarte sowie Technische Ressourcen [SGK06, S. 42ff.], [GKS02, S. 18ff.].

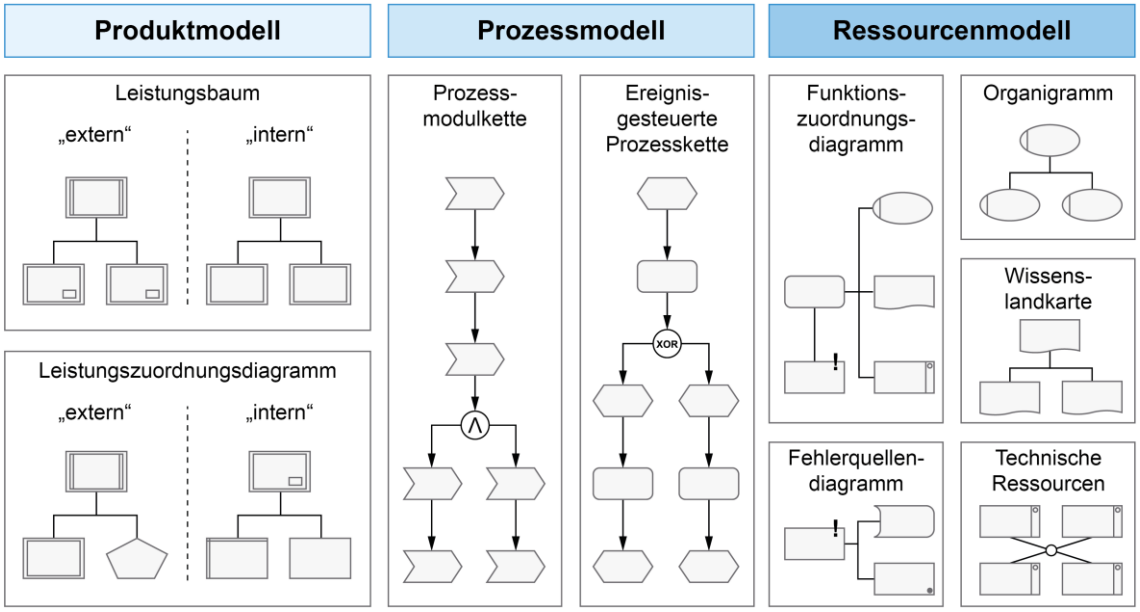

Bild 3-27: Bestandteile des integrierten Rahmenkonzepts zum ganzheitlichen Design von Dienstleistungen in Anlehnung an [SGK06, S. 32], [GKS02, S. 17]

Bewertung

SCHEER ET AL. liefern ein umfassendes Rahmenwerk zur Gestaltung von Dienstleistungen. Im Kern werden verschiedene Modelle verwendet, um die jeweiligen Teilaspekte zu beschreiben. Die dafür bereitgestellte Modellierungssprache ist aufgrund ihres starken Bezugs zur Architektur Integrierter Informationssysteme komplex und nicht intuitiv verständlich; sie ist für den Einsatz in den frühen Phasen der Produktentstehung wenig geeignet. Bemerkenswert ist, dass SCHEER ET AL. mit der Prozessmodulkette den Abstraktionsgrad des Wertschöpfungssystems adressieren und mithilfe der Ereignisgesteuerten Prozesskette die Detaillierung auf Geschäftsprozessebene legen. Dies könnte einen wertvollen Beitrag für die hier angestrebte Spezifikationstechnik liefern. Mithilfe von standardisierten Prozessbausteinen auf Geschäftsprozessebene wird zudem eine Grundlage zur einfachen Wiederverwendung gelegt, die auch für die avisierte Spezifikationstechnik denkbar wäre. Grundsätzlich zu prüfen ist, ob sich die gezeigten Modelle zur Beschreibung von Wertschöpfungssystemen einsetzen lassen. Durch die Annotation spezifischer Begleitinformationen unterstützt das Rahmenkonzept die Analyse der Dienstleistung sowie deren Erbringung. Ein konkretes Vorgehen zur Entwicklung von Dienstleistungen enthält das Konzept nicht.

3.4.4.3 Service Blueprinting

SHOSTACK liefert mit dem Service Blueprinting[18] die Grundlage zum Entwurf und zur Strukturierung von Aktivitäten, Beziehungen und Wechselwirkungen nach dem Grundgedanken einer Blaupause für Dienstleistungen [BKB+09, S. 26], [Sho82, S. 49ff.]. Besonderes Augenmerk liegt auf der Integration des Kunden. Die Visualisierung eines Dienstleistungsprozesses und den zugehörigen Teilaktivitäten werden als Service Blueprint bezeichnet. SHOSTACK stellte in einem Ablaufdiagramm Interaktionspunkte zwischen Kunden und Dienstleistungspersonal dar [Sho82, S. 49ff.]. Inzwischen hat sich eine Vielzahl unterschiedlicher Blueprinting-Derivate gebildet, die auf dem Grundmodell von SHOSTACK basieren [ELW06, S. 432ff.], [BS06, S. 58ff.]. KLEINALTENKAMP liefert einen der umfassendsten Formen des Service Blueprinting [BKB+09, S. 111]. Daher wird im Folgenden dieser Ansatz detailliert vorgestellt.

Den Anwendenden werden die Konstrukte Prozess, Entscheidung und Dokument zur Beschreibung des Dienstleistungsprozesses bereitgestellt und mithilfe einer einheitlichen, aber unspezifischen Verbindung verknüpft [ELW06, S. 432ff.], [Ech16, S. 88f.]. Die Konstrukte werden gemäß ihrer Bestimmung auf verschiedenen Ebenen positioniert; d. h. der Prozessplan ist entsprechend der unterschiedlichen Arten von Teilprozessen in Ebenen strukturiert. Die Ebenen werden durch sog. Linien voneinander abgegrenzt. KLEINALTENKAMP ET AL. haben fünf grundsätzliche Ebenen definiert [Kle00, S. 12ff.],

[18] Das Blueprinting ist eine Methode zur Veranschaulichung von Tätigkeitsabfolgen [AF98, S. 199].

[WJ00, S. 581ff.], [Sal04, S. 64f.]: Kundeninteraktionslinie, Sichtbarkeitslinie, Interne Interaktionslinie, Vorplanungslinie und Implementierungslinie (siehe Bild 3-28).

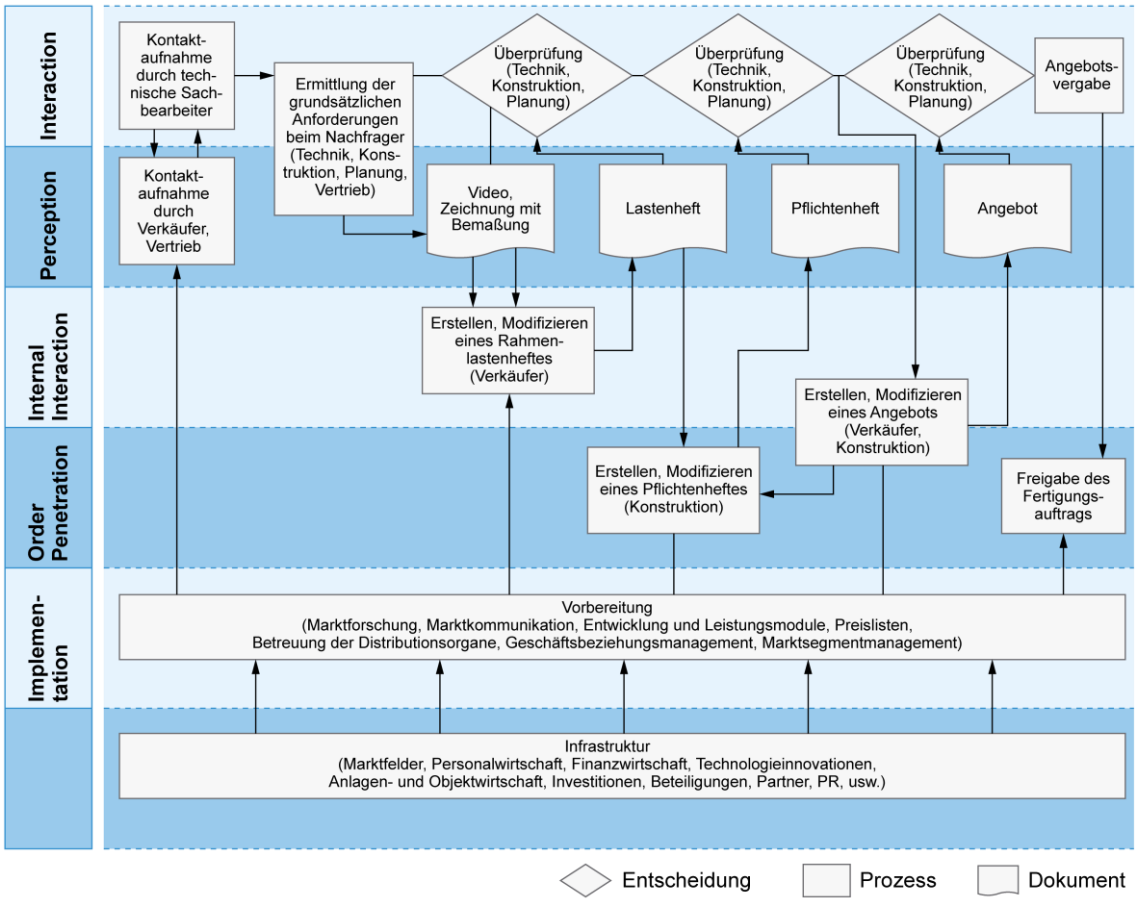

Bild 3-28: Service-Blueprint eines Verkaufsprozesses in Anlehnung an [Ech16, S. 89], [BS06, S. 59], [Kle00, S. 12], [WJ00, S. 583]

- Die **Kundeninteraktionslinie** (line of interaction) umfasst die vom Kunden ausgeführten Prozesse.
- Die für den Kunden verborgenen Hintergrundprozesse werden durch die **Sichtbarkeitslinie** (line of visibility / line of perception) von den für ihn sichtbaren Abläufe gekapselt.
- Es werden Prozesse im Kontext der direkten Kundeninteraktion und primär unterstützenden Tätigkeiten unterschieden. Die interne **Interaktionslinie** (line of internal interaction) separiert diese beiden Prozesstypen.
- Die **Vorplanungslinie** (line of order penetration) separiert unmittelbare Prozesse der Leistungserstellung von erforderlichen Vorbereitungsprozessen.
- Die konkreten Vorbereitungsprozesse einer Dienstleitung werden durch die **Implementierungslinie** (line of implementation) von allgemeinen, übergreifenden Prozessen getrennt.

Bewertung

Das Service Blueprinting ist ein Ansatz zur Visualisierung und Strukturierung von Dienstleistungsprozessen. Es folgt dem Grundgedanken einer Blaupause. Ein Blueprint bildet die zentralen Bestandteile einer Dienstleistung ab. Hauptaugenmerk liegt auf der Integration des Kunden sowie der erforderlichen Leistungserstellung, d. h. auf der Modellierung der Dienstleistung. Wechselwirkungen der einzelnen Dienstleistungen mit dem übergeordneten Wertschöpfungssystem werden nicht adressiert. Es ist daher zu prüfen, ob sich der vorgestellte Ansatz dahingehend erweitern lässt. Hervorzuheben ist die geringe Anzahl an einheitlichen Konstrukten; das Service Blueprinting ist benutzungsfreundlich anwendbar. Der Ansatz lässt sich nur bedingt übertragen, da sich die wenigen Konstrukte kaum für die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen eignen; zentrale Elemente wie Leistungs- oder Finanzflüsse können nicht dargestellt werden.

3.4.5 Informationssystemplanung

Der geballte Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in Wertschöpfungssystemen muss am Ende einer wohlstrukturierten Handlungskette stehen; von der Systemebene bis zur strategischen Unternehmensführung [DGK+15, S. 7]. In Anbetracht dessen steigt die Relevanz der Planung von Informationssystemen in Unternehmen; zunehmend auch für Wertschöpfungssysteme. Daher betrachtet dieser Abschnitt Ansätze aus dem Bereich der Informationssystemplanung wie das Strategic Alignment Modell nach HENDERSON ET AL. (vgl. Abschnitt 3.4.5.1), die Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme nach DIETRICH (vgl. Abschnitt 3.4.5.2) und das Framework for Information Systems Architecture nach ZACHMAN (vgl. Abschnitt 3.4.5.3)

3.4.5.1 Strategic Alignment Model nach HENDERSON ET AL.

HENDERSON ET AL. präsentieren mit dem Strategic Alignment Model (SAM) einen Ansatz, der auf der Symbiose aus Geschäft und Informationstechnologie (IT) als Grundlage des Unternehmenserfolgs beruht; weder eine innovative Technologie noch ein attraktives Geschäftsmodell sichern allein den Erfolg. Das Grundgerüst bilden vier Aspekte [GP14, S. 344], [BEH10, S. 56]: Geschäftsstrategie, Operatives Geschäft, IT-Strategie und Operative IT (siehe Bild 3-29).

- Die **Geschäftsstrategie** umfasst ein Leitbild, strategische Kompetenzen und eine strategische Position (Produkt-Markt-Kombinationen) sowie entsprechende Konsequenzen und Maßnahmen [GP14, S. 344], [BEH10, S. 57].
- Die Vorgaben aus der Geschäftsstrategie werden durch das **operative Geschäft** umgesetzt. Grundlage der Operationalisierung sind Aufbauorganisation, Geschäftsprozesse und Ressourcen (Personal, Betriebsmittel, IT-Systeme etc.) [GP14, S. 344], [BEH10, S. 58].

- Kern der **IT-Strategie** ist die Harmonisierung technischer Möglichkeiten mit den Anforderungen aus der Geschäftsstrategie. Ferner werden systemische Kompetenzen abgeleitet, d. h. Fähigkeiten der IT auf Basis erforderlicher Kompetenzen aus der Geschäftsstrategie. Die IT-Politik befasst sich z. B. mit Planungen von Technologieallianzen oder Outsourcing [GP14, S. 344], [BEH10, S. 57].
- Die **Operative IT** zielt auf die Leistungserstellung durch die Informationstechnologie ab. Zentrale Handlungsfelder sind IT-Architektur/-infrastruktur, IT-Prozesse und IT-Ressourcen [GP14, S. 344], [BEH10, S. 58].

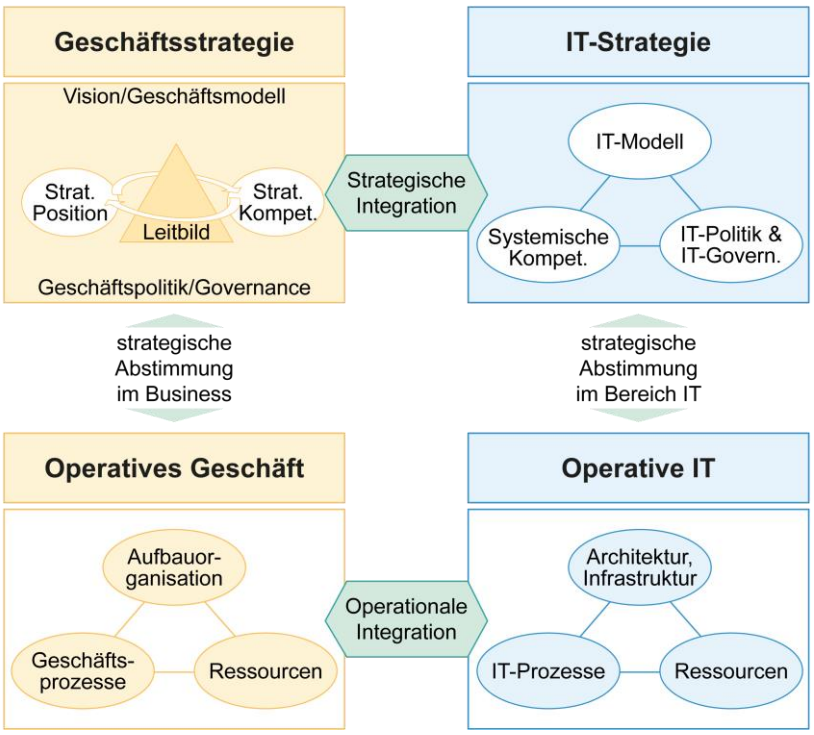

Bild 3-29: Strategic Alignment Model in Anlehnung an [HV93, S. 476], [GP14, S. 344]

Ergänzend zu den vier definierten Aspekten leiten HENDERSON ET AL. zwei Schnittstellen ab: (1) Die *strategische Abstimmung* sowohl im Bereich Business als auch im Bereich IT; (2) die *strategische Integration* zwischen Geschäfts- und IT-Strategie sowie die *operative Integration* zwischen operativem Geschäft und operativer IT [BEH10, S. 58f.]. Das Strategic Alignment Model sieht zudem vier zentrale Handlungsmuster vor [GP14, S. 345f.]: Strategie-Umsetzung, Technologische Transformation, IT als Enabler und Service Orientierung (siehe Bild 3-30).

- Die **Strategie-Umsetzung** ist die etablierte Form der Zusammenarbeit zwischen Geschäft und Informationstechnik; Ausgangspunkt bildet das Geschäftsmodell, für dessen Operationalisierung geeignete Strukturen gebildet werden. Dieses Top-Down Vorgehen wirkt sich vor allem auf Geschäftsprozesse, Aufbauorganisation und Ressourcen aus. Die operative IT passt ihr Leistungsangebot an die Anforderungen des Geschäfts an [GP14, S. 345], [BEH10, S. 60].

- Ausgangspunkt für die **technologische Transformation** ist ebenfalls das Geschäftsmodell. Im Kern geht es darum, die Umsetzung durch technische Lösungen zu ermöglichen. Für die IT bedeutet es geeignete Technologien frühzeitig zu identifizieren und rechtzeitig zu operationalisieren [GP14, S. 345f.], [BEH10, S. 61].
- **IT als Enabler** beschreibt die Aufgabe der IT zukunftsfähige Technologien zu identifizieren, ihr Potential für innovative Geschäftsmodelle zu bewerten und damit die Gestaltung des Geschäfts von morgen zu stimulieren [GP14, S. 346], [BEH10, S. 62ff.].
- Die **Service Orientierung** hat das Selbstverständnis, das Geschäft durch leistungsfähige Dienste erfolgreich zu gestalten, d. h. die Initiative ergreift die IT-Leitung, Eigner der Dienste sind jedoch die Geschäftsbereiche. Die IT ist in die Wertschöpfung integriert und sorgt dafür, dass erbrachte Dienste effektiv, effizient und risikoarm sind [GP14, S. 346f.].

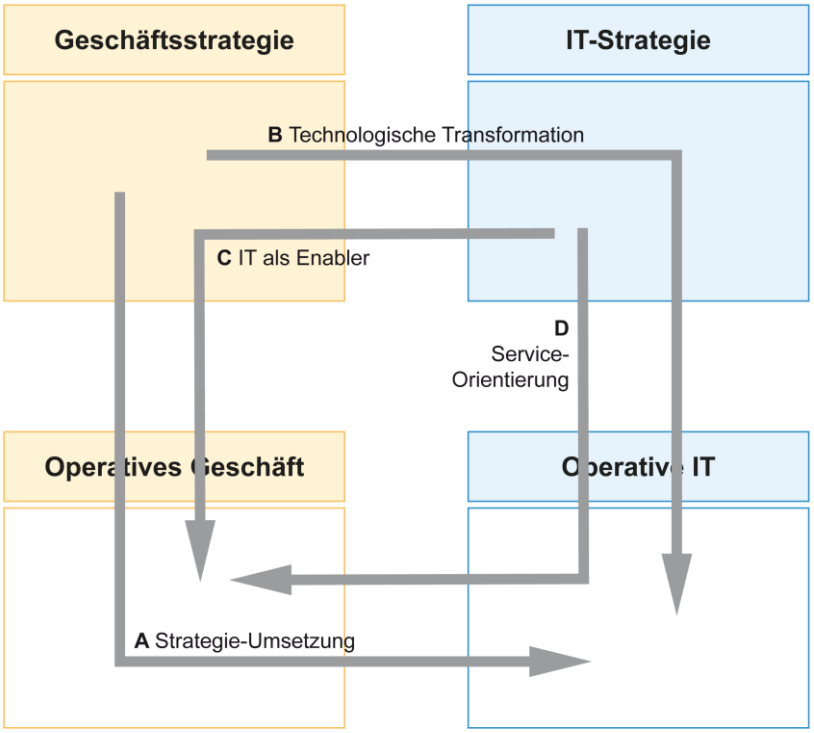

Bild 3-30: Handlungsmuster im Strategic Alignment Model [GP14, S. 345]

Bewertung

HENDERSON ET AL. präsentieren einen Ansatz zur Synchronisation von Geschäft und IT als Grundlage für den Unternehmenserfolg. Anhand von vier Aspekten wird aufgezeigt, dass Geschäft und IT integraler Teil einer ganzheitlichen Unternehmensbetrachtung sind und wie deren Zusammenwirken auf strategischer und operativer Ebene verankert ist. Hier ist zu prüfen, ob die Aspekte für die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen ausreichen und der Ansatz somit übertragbar wäre. Der Ansatz zeigt zudem Handlungsmuster der Zusammenarbeit von Geschäft und IT. Die Handlungsmuster sind auf einem

hohen Abstraktionsniveau, weshalb sie sich weder auf ein systematisches Vorgehen noch eine Planungsunterstützung direkt übertragen lassen; vielmehr leisten sie einen Beitrag für eine Unterstützung der Analyse. Die Adaptierbarkeit auf Wertschöpfungssysteme ist jedoch zu erörtern.

3.4.5.2 Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme nach DIETRICH

DIETRICH liefert eine Anwendungsarchitektur für unternehmensindividuelle Informationssysteme im Kontext Mass Customization. Ihr liegt die Prämisse einer Kollaboration von Akteuren in einem Wertschöpfungssystem zugrunde; im Fokus stehen dabei Sachleistungen. Die von DIETRICH entwickelte Anwendungsarchitektur gliedert sich in drei Ebenen [Die07, S. 197ff.]: Wertschöpfungssystem, Partialmodelle und Informationssystem-Clustermodelle (siehe Bild 3-31). Zur Modellierung der einzelnen Ebenen greift DIETRICH auf die Unified Modeling Language (UML) zurück, insbesondere auf das Konzept des Klassendiagramms[19].

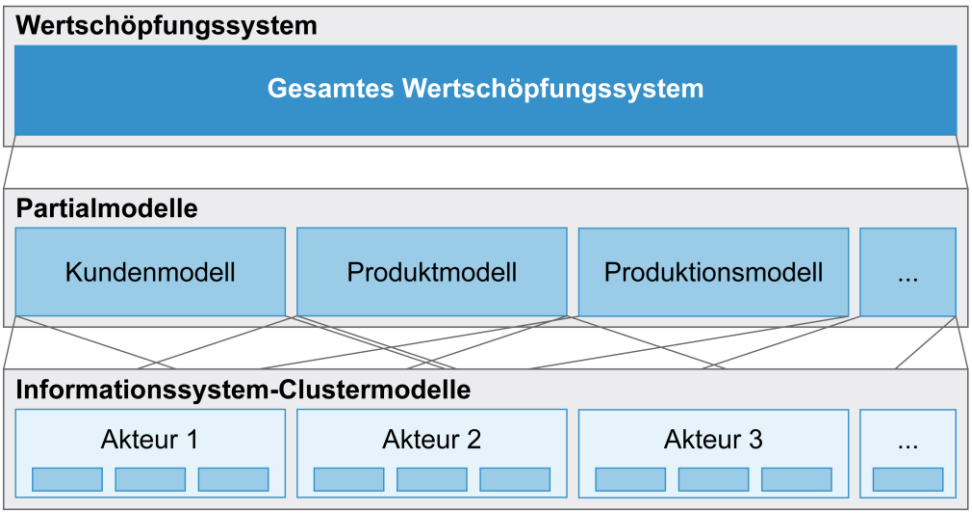

Bild 3-31: Architekturentwicklung von Informationssystemen für Mass Customization in Anlehnung an [Die07, S. 223ff.]

- Das **Wertschöpfungssystem** (Ebene 1) operationalisiert die Wettbewerbsstrategie. Die Modellierung des Systems erfolgt in aggregierter Form [Die07, S. 201].
- Die **Partialmodelle** (Ebene 2) detaillieren die relevanten Elemente des Gesamtsystems. Hauptaugenmerk liegt auf einer unternehmensübergreifenden Sichtweise [Die07, S. 201].

[19] Klassendiagramme beschreiben datenorientiert die Struktur von Modellen mithilfe der beiden Konstrukte Klassen (Darstellung als Rechteck) und Beziehungen (Darstellung als Kante) [Die07, S. 197f.]. Eine detaillierte Betrachtung der Unified Modeling Language (UML) findet sich in [Obj15a].

- Die **Informationssystem-Clustermodelle** (Ebene 3) ordnen die Bestandteile des Informationssystems den beteiligten Akteuren des Wertschöpfungssystems zu [Die07, S. 201].

Bewertung

DIETRICH präsentiert ein Referenzmodell für eine Anwendungsarchitektur im Kontext Mass Customization. Ziel ist die Unterstützung des Informationsmanagements innerhalb von Unternehmen sowie in unternehmensübergreifenden Wertschöpfungssystemen. Der Ansatz zielt primär auf Informationssysteme ab. Die eigentliche Planung von Wertschöpfungssystemen wird nicht adressiert. Seine Gültigkeit ist weitestgehend branchen- und marktleistungsunabhängig; fokussiert jedoch ausschließlich Sachleistungen. Es ist daher zu prüfen, ob sich der Ansatz ebenfalls für hybride Leistungsbündel eignet. Bemerkenswert ist die Strukturierung in Partialmodelle und die Ableitung akteurspezifischer Sichten. Diese Strukturierung ist grundsätzlich auch auf die hier angestrebte Spezifikationstechnik übertragbar. Anzumerken ist allerdings, dass die zugrundeliegende Modellierungssprache sehr implementierungsnah ist und daher wenig intuitiv und benutzungsfreundlich, sich aber durchaus als Kommunikationsmittel eignet.

3.4.5.3 Framework for Information Systems Architecture nach ZACHMAN

ZACHMAN offeriert ein domänenunabhängiges Rahmenwerk zur Entwicklung von Informationssystemen. Es wurde Ende der 1980er Jahre als eines der ersten Architekturansätze für Informationssysteme vorgestellt [Zac87, S. 276ff.], [Krc15, S. 102f.]. Grundgedanken sind die ganzheitliche Betrachtung der Informationssystemarchitektur aus unterschiedlichen Perspektiven und vor dem Hintergrund verschiedener Fragestellungen. Aus diesem Grund definiert ZACHMAN fünf spezifische Perspektiven[20]: *Planer, Owner, Designer, Builder* und *Implementer*; sowie sechs charakteristische Fragestellungen in Bezug auf eine IS-Architektur für eine Marktleistung: *What, How, Where, Who, When* und *Why*. Bei dem Rahmenwerk werden diese Perspektiven (Zeile) und Abstraktionsebenen (Spalte) in einer Matrix gegenübergestellt. Je Perspektive-Ebenen-Paar (Zelle) ist ein spezifisches Teilmodell hinterlegt [Zac11-ol], [Nie05, S. 192f.], [Krc15, S. 102]. Aus der vollständigen Matrix können bei der Entwicklung einer IS-Architektur zwei wesentliche Schlussfolgerungen gezogen werden (siehe Bild 3-32):

- Jede Zeile beschreibt die für die jeweilige Perspektive relevanten Teilmodelle. Die Teilmodelle werden zu je einer übergeordneten Modellebene zusammengefasst. Die *Executive Perspective* definiert den Anwendungsbereich sowie die prinzipielle Funktionalität. Unter *Business Management Perspective* werden Geschäftsobjekte und die Wechselwirkungen mit Geschäftsprozessen abgebildet. Die *Architect Perspektive*

[20] Bisher liegen keine offiziellen Übersetzungen der im Original verwendeten Begrifflichkeiten vor, sodass im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls die englischen Begrifflichkeiten verwendet werden.

charakterisiert die zur Ausführung und zum Management von Geschäftsprozessen eingesetzten Systeme. Die *Engineer Perspective* umfasst die Konkretisierung der System-Ebene z. B. für eine bestimmte Technologie. Modelle der Ebene *Technician Perspective* setzen die definierten Technologiemodelle beispielsweise mithilfe von Programmiersprachen oder Datenschemata um. Die *Enterprise Perspective* bildet die Ebene der Anwenden ab [Mat11, S. 211], [Mal08, S. 18]. In den Zeilen werden dadurch die für jede Perspektive relevanten Teilmodelle beschrieben.

- Jede Spalte umfasst die zur Beantwortung einer Fragestellung relevanten Teilmodelle entlang der Perspektiven: *What:* Aus welchen Bauteilen wird die Marktleistung hergestellt? *How:* Wie wird die Leistung erstellt? *Where:* Wie erfolgt die Distribution? *Who:* Welche Rollen und Verantwortlichkeiten existieren? *When:* Wie ist der zeitliche Ablauf von Prozessen? *Why:* Was sind die Ziele und Motive? [Krc15, S. 102f.], [Mal08, S. 18f.].

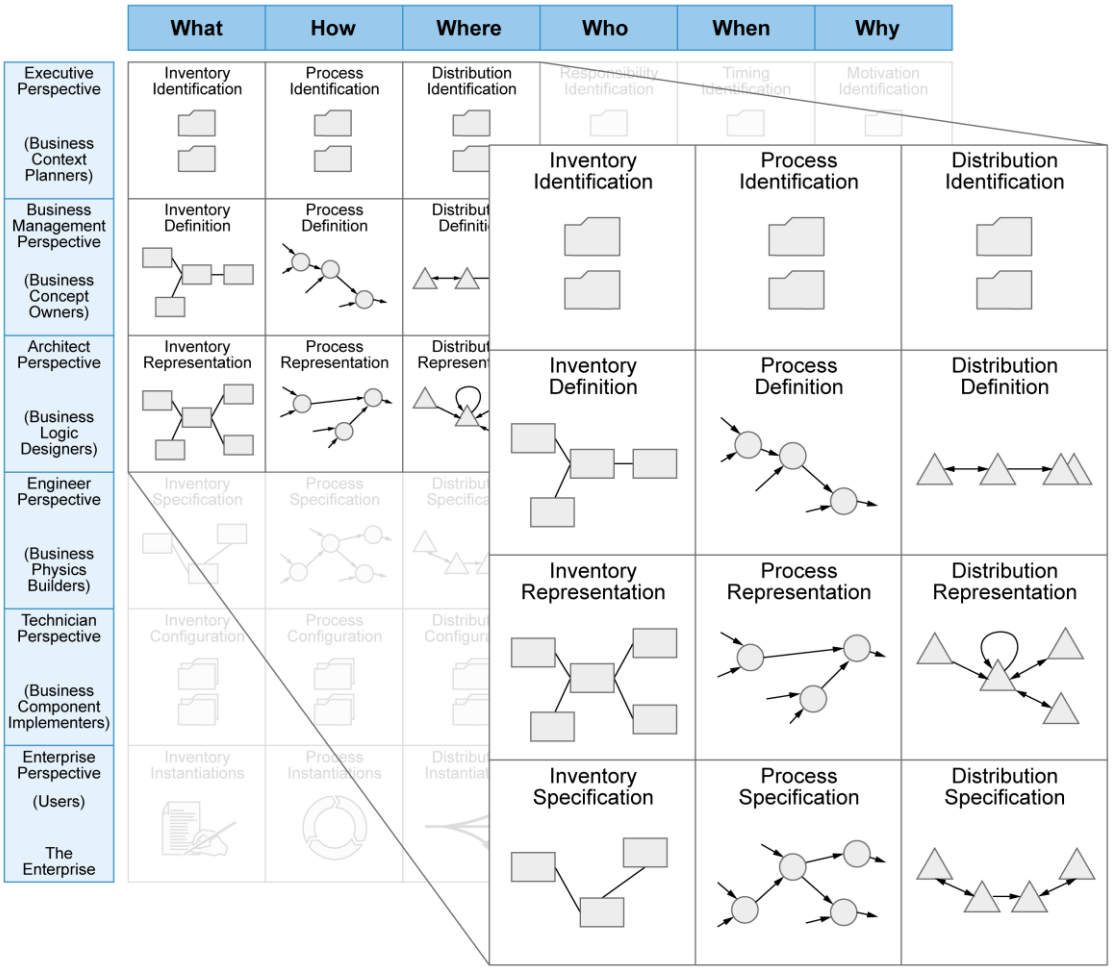

Bild 3-32: ZACHMAN Framework stark vereinfacht in Anlehnung an [Zac11-ol], [Krc15, S. 103]

Bewertung

ZACHMAN präsentiert ein umfassendes Rahmenwerk zur domänenunabhängigen Entwicklung von Informationssystemarchitekturen. Besonderes Augenmerk wird auf ein Bezugssystem zwischen den definierten Perspektiven und den Abstraktionsebenen gelegt. Jedes Perspektive-Ebene-Paar entspricht einem für eine Perspektive und für eine Fragestellung relevantem Teilmodell. Durch die zeilenweise Betrachtung ergeben sich für jede Perspektive die relevanten Teilmodelle; entlang der Abstraktionsebenen lassen sich die Teilmodelle zur Beantwortung der charakteristischen Fragestellung ableiten. Es erscheint Erfolg versprechend, ein Bezugssystem mit Abstraktionsebenen für die Unterstützung der Planung von Wertschöpfungssystemen und die benutzungsfreundliche Anwendung im Sinne der Komplexitätsreduktion zu adaptieren. Kritisch zu prüfen sind allerdings die Anzahl an Perspektiven und Abstraktionsebenen: Die dadurch aufgespannte Matrix mit 36 Feldern wirkt wenig intuitiv und benutzungsfreundlich. Die charakteristischen Fragestellungen liefern wiederum auf einfache Art und Weise einen Überblick über die wesentlichen kontextbezogenen Teilmodelle. Einen wertvollen Ansatz könnte die Verknüpfung ähnlich der hier gezeigten Fragestellungen bei der Planung und Analyse von Wertschöpfungssystemen darstellen.

3.5 Domänenübergreifende Ansätze

Ergänzend zu den domänenspezifischen Ansätzen (vgl. Abschnitte 3.4.1 bis 3.4.5) setzt sich dieser Abschnitt mit domänenübergreifenden Ansätzen zur Modellierung und Analyse von Systemen und Geschäftsprozessen auseinander. Im Fokus stehen vor allem semiformale, graphische Modellierungssprachen. Dies umfasst die Systems Modeling Language (vgl. Abschnitt 3.5.1.1), die Business Process Model and Notation (vgl. Abschnitt 3.5.1.2) und die Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (vgl. Abschnitt 3.5.1.3).

3.5.1.1 Systems Modeling Language (SysML)

Die Object Management Group (OMG) und das International Council on Systems Engineering[21] (INCOSE) verantworten die Systems Modeling Language (SysML); eine UML-basierte[22] semiformale, graphische Modellierungssprache [Alt12, S. 29ff.], [FMS12,

[21] Das International Council on Systems Engineering (INCOSE, http://www.incose.org) ist eine internationale Non-Proft-Organisation zur Förderung von Wissenschaft und Bildung im Bereich Systems Engineering in Industrie, Forschung und Lehre. INCOSE ist der weltweite Dachverband des SE [INC17-ol], [DGO+14, S. 37], [Wei14, S. 19ff.].

[22] Die Unified Modeling Language (UML) ist in der Softwaretechnik eine verbreitete Modellierungssprache [Wei14, S. 22f.]. UML wird von OMG spezifiziert und ist international in den Normen ISO/IEC 19505-1 sowie ISO/IEC 19505-2 standardisiert [ISO19505-1], [ISO19505-2].

S. 29], [DGO+14, S. 37]. Sie adressiert die ganzheitliche, disziplinunabhängige Spezifikation, Analyse, Entwurf, Verifikation und Validierung komplexer Systeme [Wei14, S. 22ff.], [Obj12, S. 7ff.]. Die SysML umfasst verschiedene Diagramme; die oberste Gliederungsebene umfasst: Strukturdiagramme, Anforderungsdiagramme und Verhaltensdiagramme (siehe Bild 3-33).

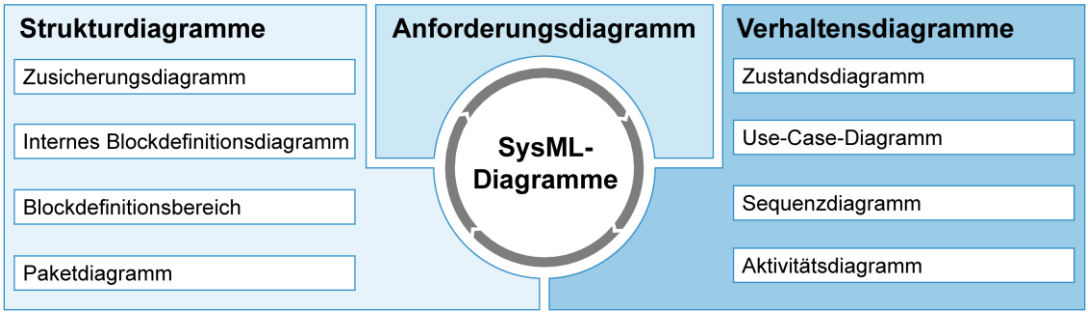

Bild 3-33: Diagramme der SysML in Anlehnung an [DGO+14, S. 37], [Wei14, S. 309]

- **Strukturdiagramme** beschreiben die statische Systemstruktur [Alt12, S. 40]. Es werden Blöcke zur Darstellung sowohl physikalischer als auch informationsverarbeitender Elemente eingesetzt. Mithilfe des *Blockdefinitionsdiagramms* werden Beziehungen zwischen Blöcken, ihre Assoziationen, Generalisierungen sowie Abhängigkeiten abgebildet. Beziehungen innerhalb eines Blocks werden durch das *interne Blockdefinitionsdiagramm* mittels Ports, Konnektoren und Flüssen wiedergegeben. In *Zusicherungsdiagramme* erfolgt die Definition parametrischer Beziehungen zwischen Eigenschaften verschiedener Blöcke [Wei14, S. 336ff.].

- Kern des **Anforderungsdiagramms** ist die Darstellung von Anforderungen und deren Wechselwirkungen mit anderen Modellelementen. Es werden funktionale und nichtfunktionale Anforderungen sowie unterschiedliche Beziehungen differenziert (z. B. Ableitungs-, Enthält-, Prüf- oder Verfeinerungsbeziehungen). Übliche Darstellungsarten sind Grafiken und Tabellen [Wei14, S. 314ff.], [Alt12, S. 51].

- **Verhaltensdiagramme** werden zur Modellierung des Verhaltens eingesetzt. Hierfür liefert SysML vier Diagrammtypen. Zustände und mögliche Zustandsübergänge werden im *Zustandsdiagramm* modelliert [Wei14, S. 369f.]. In *Use-Case-Diagrammen* werden die Interaktionen zwischen Benutzer und/oder externer Systeme mit dem zu entwickelnden System spezifiziert. *Sequenzdiagramme* repräsentieren den zeitlichen Verlauf von Interaktionen zwischen Systemelementen. Für die Darstellung der Systemabläufe inklusive Ein- und Ausgabedaten wird das *Aktivitätsdiagramm* eingesetzt [Alt12, S. 53f.].

Bewertung

Die Systems Modeling Language ist eine disziplinübergreifende Spezifikationstechnik zur Beschreibung komplexer technischer Systeme. Sie erhebt den Anspruch der Allge-

meingültigkeit, daher adressiert sie weder explizit Methoden noch bestimmte Systemarten. Der Einsatz von SysML für die Modellierung von Wertschöpfungssystemen ist also prinzipiell vorstellbar. Zudem erscheint die Gliederung in die drei Ebenen Struktur, Anforderungen und Verhalten auch im Kontext von Wertschöpfungssystemen Erfolg versprechend. Es ist zu prüfen, ob die Ebenen ohne Weiteres adaptiert werden können oder Modifikationsbedarf besteht. Die Verwendung der Diagramme ist ohne Methode nur grob vordefiniert; die Anwendung von SysML ist daher nicht immer eindeutig und intuitiv. Aufgrund der Vielzahl an Konstrukten steigt die Einarbeitungszeit und die Benutzungsfreundlichkeit sinkt. Vor dem Hintergrund eines industriellen Einsatzes im Zuge der Planung ist dies nahezu ein Ausschlusskriterium von SysML für die angestrebte Spezifikationstechnik.

3.5.1.2 Business Process Model and Notation (BPMN)

Business Process Model and Notation (BPMN) ist eine graphische Spezifikationstechnik zur Modellierung und Dokumentation von Geschäftsprozessen. Hauptaugenmerk liegt auf einer betriebswirtschaftlichen Perspektive. Ziel von BPMN, ist die Kommunikation zwischen beteiligten Akteuren zu unterstützen. Dafür werden Syntax und Semantik der Elemente zur Modellierung von Geschäftsprozessen bestimmt. BPMN umfasst folgende Kategorien von Konstrukten [GP14, S. 252f.], [Obj11, S. 27f.]: Flussobjekte, Datenobjekte, Verbindungsobjekte, Swimlanes und Artefakte (siehe Bild 3-34).

- **Flussobjekte** beschreiben den Prozessablauf. Dafür werden Ereignisse, Aktivitäten und Gateways eingesetzt. Ereignisse werden in Start-, Zwischen- und Endereignis unterteilt; Aktivitäten stellen Aufgaben oder Teilprozesse dar und Gateways sind Verzweigungselemente (z. B. exklusives Gateway, paralleles Gateway) [Obj11, S. 27ff.], [GP14, S. 252].
- Aktivitäten benötigen oder erzeugen **Datenobjekte**. Dabei kann es sich um physische oder informationstechnische Elemente handeln. Während sie sich direkt auf Aktivitäten beziehen, weisen Dateninput und Datenoutput einen Bezug zum Gesamt- oder Teilprozess auf [Obj11, S. 27ff.], [GP14, S. 252f.].
- **Verbindungsobjekte** verknüpfen Flussobjekte, Datenobjekte und Artefakte. Sie werden als Kanten modelliert. Unterschieden werden Nachrichtenflüsse, Sequenzflüsse sowie gerichtete, ungerichtete und beidseitige Assoziationen [Obj11, S. 27ff.], [GP14, S. 253].
- **Swimlanes** strukturieren Prozessmodelle, indem sie Verantwortlichkeiten beschreiben. Dabei werden zwei Arten unterschieden: (1) Pools repräsentieren abstrakte Rollen (z. B. Organisationseinheiten); (2) Lanes kategorisieren Aktivitäten innerhalb von Pools [Obj11, S. 27ff.], [GP14, S. 253].

- Mit **Artefakten** werden prozessrelevante Informationen entweder durch Textannotation oder durch Bildung einer logischen Gruppe ergänzt [Obj11, S. 27ff.], [GP14, S. 253].

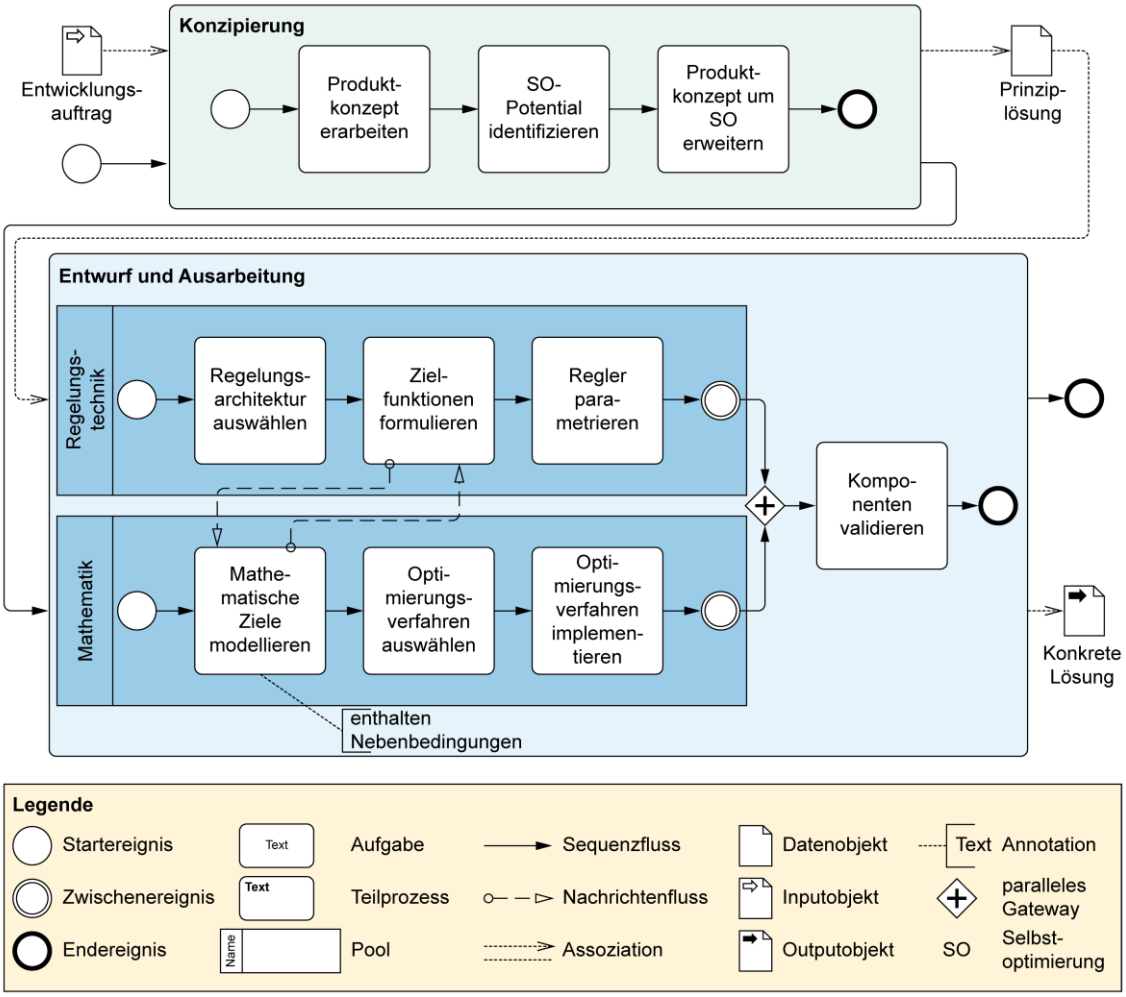

Bild 3-34: Beispiel eines BPMN-Prozessdiagramms in Anlehnung an [GP14, S. 253]

Bewertung

Die hier gezeigte Business Process Model and Notation ist eine etablierte Spezifikationstechnik zur graphischen Modellierung und Dokumentation von Geschäftsprozessen. Hierfür stellt sie einen intuitiven, benutzungsfreundlichen Standard zur Unterstützung der Kommunikation beteiligter Akteure bereit, zielt aber vor allem auf die Beschreibung des Prozessablaufs ab. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist zu prüfen, inwieweit sich die bereitgestellten Konstrukte für die Beschreibung von Wertschöpfungssystemen adaptieren lassen. Festzuhalten ist allerdings, dass die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen Elemente wie Ressourcen erfordert; dessen Beschreibung ist bei BPMN nur eingeschränkt möglich.

3.5.1.3 Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)

Die etablierte Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA) entstand am Heinz Nixdorf Institut und wurde gemeinschaftlich mit der Unity AG[23] weiterentwickelt [Fah95], [GP14, S. 254]. Ziel ist eine vollständige Modellierung einer Ablauforganisation zur anschaulichen Analyse und Planung von Leistungserstellungsprozessen. Durch Zuordnung von Organisationseinheiten zu Geschäftsprozessen werden sowohl Aufbau- als auch Prozessorganisation in einem Modell abgebildet. Die graphische Notation ermöglicht intuitiv verständliche Visualisierungen wesentlicher Sachverhalte [GP14, S. 254]. Dafür stellt OMEGA verschiedene Konstrukte bereit[24]: Geschäftsprozess, Organisationseinheit, Externe Objekte, Bearbeitungsobjekte, Technische Ressourcen sowie Kommunikationsbeziehungen (siehe Bild 3-35).

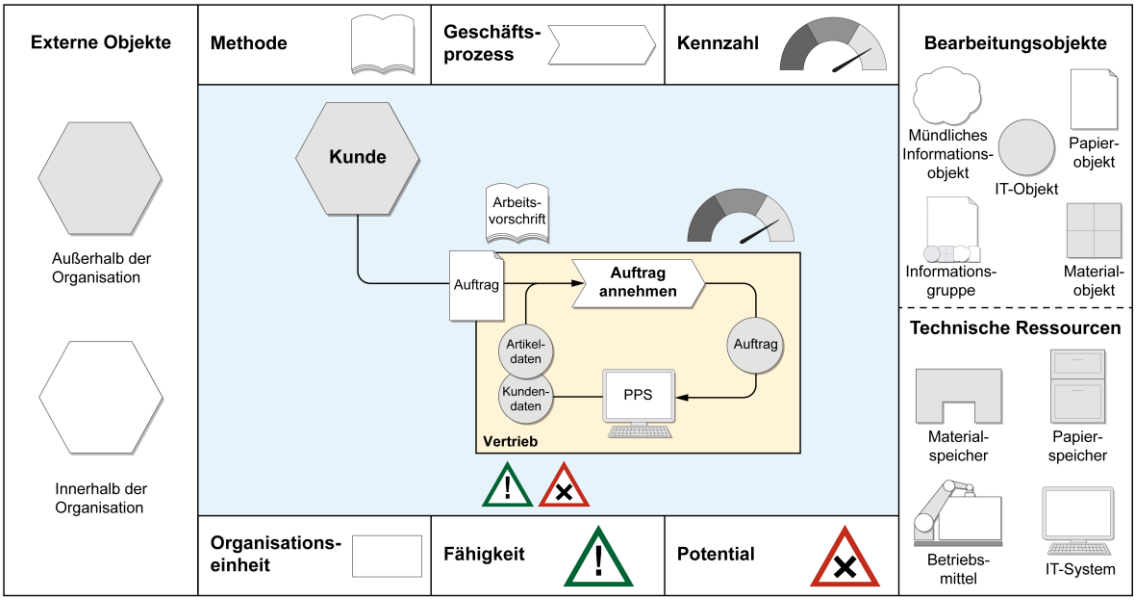

Bild 3-35: Überblick über die Konstrukte der Methode OMEGA [GP14, S. 254]

- Ein **Geschäftsprozess** ist eine Abfolge logischer, zusammenhängender Aktivitäten. Ziel ist die Erbringung eines Ergebnisses oder die Transformation eines Objekts. Sein Anfang wird durch Input bzw. Auslöser und sein Ende durch Output bzw. Ergebnis definiert [GP14, S. 254f.].

---

[23] Die Unity AG ist eine internationale Managementberatung für Innovation und Transformation [Uni17-ol].

[24] Es wird an dieser Stelle lediglich auf die wesentlichen Konstrukte eingegangen. Für eine ausführliche Beschreibung von OMEGA sei auf die Literatur verwiesen [GP14, S. 254ff.].

- Eine **Organisationseinheit** führt einen Geschäftsprozess aus oder verantwortet ihn; sie repräsentiert eine Stelle der Aufbauorganisation (Abteilung, Team, Person etc.) [GP14, S. 255].
- Einheiten der Systemumwelt werden als **externe Objekte** bezeichnet; sie bilden die Schnittstelle zwischen Prozess und Umwelt. Unterschieden wird zwischen Objekten außerhalb der Organisation und Objekten außerhalb des Untersuchungsbereichs [GP14, S. 255].
- **Bearbeitungsobjekte** verkörpern die Ein- und Ausgangsgrößen von Geschäftsprozessen. OMEGA differenziert fünf Objektarten: (1) IT-Objekt (z. B. 3D-CAD-Modell, E-Mail); (2) Papierobjekt (z. B. Formular, Checkliste); (3) Mündliches Informationsobjekt (z. B. persönliches Gespräch, Telefonat); (4) Materialobjekt (z. B. Werkstück, Baugruppe); (5) Informationsgruppe als beliebige Kombination der Bearbeitungsobjekte (z. B. Software-Paket inkl. Datenträger und Versanddokumente) [GP14, S. 255f.].
- **Technische Ressourcen** sind Hilfsmittel bei der Durchführung von Geschäftsprozessen. Es werden vier Arten von Ressourcen unterschieden: (1) IT-System (z. B. Textverarbeitungsprogramm, ERP-System); (2) Betriebsmittel (z. B. Bearbeitungszentrum, Roboter); (3) Papierspeicher (z. B. Register, Archiv); (4) Materialspeicher (z. B. Rohteile-, Fertigteilelager) [GP14, S. 256].
- Die Verkettung von Geschäftsprozessen, Objekten und Ressourcen erfolgt durch **Kommunikationsbeziehungen**. Sie übermitteln Bearbeitungsobjekte zwischen- und untereinander. Eine Beziehung hat dabei stets einen Sender und einen Empfänger; sie spezifizieren die Kommunikationsrichtung [GP14, S. 257].

Die Anwendung von OMEGA unterliegt einigen Modellierungsrichtlinien. Diese vereinfachen und vereinheitlichen die Modellierung und tragen wesentlich zur Verständlichkeit und Übersichtlichkeit der Modelle bei [GP14, S. 261ff.]. Darüber hinaus wird OMEGA sowohl durch Moderationstechniken zum Einsatz in Workshops als auch durch ein graphisch interaktives IT-Tool[25] werkzeugtechnisch unterstützt. Beide Werkzeuge adressieren die effiziente Modellierung, Analyse und Optimierung von Geschäftsprozessen [GP14, S. 268].

Bewertung

OMEGA ist eine intuitiv verständliche Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen. Dies beruht im Wesentlichen auf einer einheitlichen, graphischen Notation und einfachen, aber definierten Modellierungsrichtlinien. Sie leisten einen wesentlichen Beitrag zur Beschreibung von Wertschöpfungssystemen, wenngleich sie nicht zur

[25] Der OMEGA Process Modeller (OPM) ist ein graphisch interaktives IT-Werkzeug zur effizienten Modellerstellung und Analyse von Geschäftsprozessen [GP14, S. 271f.]

vollständigen Spezifikation ausreichen. Im Rahmen dieser Arbeit ist daher eine Erweiterung zu prüfen. Die Methode zielt primär auf die Abbildung, Analyse und Verbesserung bestehender Geschäftsprozesse sowie zur Definition von Sollprozessen; eine Unterstützung bei der Planung von Sollprozessen sowie der Analyse werden nicht adressiert. Die benutzungsfreundliche Anwendung lässt sich im Wesentlichen auf die beiden Erfolgsfaktoren graphische Notation und einfache Modellierungsrichtlinien zurückführen. Es erscheint daher Erfolg versprechend, beides für die hier avisierte Spezifikationstechnik zu adaptieren. Gleiches gilt für die bereitgestellte Werkzeugunterstützung sowohl durch Moderationstechniken als auch durch ein IT-Tool. Die Softwarelösung folgt dem ergonomischen Konzept von Microsoft, wodurch die Einarbeitungszeit gering ist.

3.6 Handlungsbedarf

Bild 3-36 zeigt eine Bewertung der vorgestellten Ansätze, Methoden und Hilfsmittel aus dem Stand der Technik hinsichtlich der in Abschnitt 2.7 formulierten Anforderungen an eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Kein Ansatz erfüllt die Anforderungen vollumfänglich. Aus diesem Grund wird nachfolgend der verbleibende Handlungsbedarf vorgestellt.

A1) Ganzheitliche Beschreibung des Wertschöpfungssystems

Die Systematik soll die ganzheitliche Beschreibung von Wertschöpfungssystemen unterstützen (vgl. Abschnitt 2.4). Diese Anforderung wird von keinem untersuchten Ansatz voll erfüllt. Aus dem Bereich der Planung von Wertschöpfungssystemen erfüllen lediglich die beiden Ansätze nach FLEISCHER ET AL. und WEINER ET AL. die Anforderung teilweise. Sie betonen vor allem die geographische Verteilung intra- und interorganisationaler Prozesse oder adressieren das Zusammenwirkungen von Ressourcen, Prozessen und Geschäftsmodellen mit dem Schwerpunkt auf Optimierung des eigenen Unternehmens. Domänenspezifische Ansätze nach KÖSTER, WIRTZ und das Aachener PPS-Modell sowie das SCOR-Modell liefern keine ganzheitliche Beschreibung, vielmehr betrachten sie relevante Aspekte für die jeweils spezifische Domäne Geschäfts-, Produktionssystem oder Logistikplanung. Handlungsbedarf besteht somit im Hinblick auf eine ganzheitliche Beschreibung von Wertschöpfungssystemen als Integrationsgrundlage in den übergeordneten Unternehmenskontext.

A2) Kooperation mit Partnern

Die Kooperationen von Wertschöpfungspartnern sind essentielle Bausteine für die Erstellung von Marktleistungen (vgl. Abschnitt 2.4). Die Anforderung wird von einer Vielzahl der Ansätze zum Teil erfüllt. Die meisten Ansätze adressieren dabei jedoch nur die spezifische Domäne oder zielen auf die Integration von Kooperationspartnern ab. Kein Ansatz thematisiert die Kooperation von Partnern zur gemeinsamen Spezifikation von Wertschöpfungssystemen über Ressourcen, Prozesse oder Kompetenzen.

A3) Gültigkeit für das produzierende Gewerbe

Die Spezifikationstechnik soll als allgemeingültiger Ansatz für Wertschöpfungssysteme des produzierenden Gewerbes gelten und alle relevanten Merkmale zur Beschreibung von Wertschöpfungssystemen berücksichtigen. Diese Anforderung wird von nahezu allen Ansätzen zum Teil oder vollumfänglich erfüllt. Oftmals ist dies auf das generische Vorgehen oder die allgemeingültige Anwendbarkeit der Ansätze zurückzuführen, wenngleich die wenigstens Ansätze die digitale Transformation der Unternehmen hin zu einem produzierenden Dienstleister begleiten (vgl. Abschnitt 2.2.2). Vor diesem Hintergrund muss die Spezifikationstechnik ein anpassbares Abstraktionsniveau aufweisen unter Berücksichtigung einer kontextspezifischen Ausprägung.

A4) Einheitliche und graphische Notation

Die einheitliche und graphische Notation zur Beschreibung von Wertschöpfungssystemen wird insbesondere von den Modellierungsansätzen nach DEELMANN/LOOS, ECHTERHOFF sowie der Value Delivery Modeling Language in vollem Umfang erfüllt. In den anderen Bereichen existieren weitere Ansätze die über eine einheitliche, graphische Notation verfügen. Sie adressieren jedoch spezifische Teilbereiche von Wertschöpfungssystemen; das System kohärenter Partialmodelle zielt beispielsweise auf die Beschreibung von Produktionssystemen ab, wohingegen die Methode OMEGA den Schwerpunkt auf Geschäftsprozessmodellierung und -analyse legt. Die jeweiligen graphischen Notationen sind für eine Übernahme in die angestrebte Spezifikationstechnik zu prüfen und ggf. weiterzuentwickeln.

A5) Benutzungsfreundliche Anwendung

Da Wertschöpfungssysteme eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure verknüpfen, ist eine benutzungsfreundliche Anwendung über Domänen- und Unternehmensgrenzen hinweg ein zentraler Erfolgsfaktor der Spezifikationstechnik. Es überzeugen allerdings nur sehr wenige der untersuchten Ansätze durch eine benutzungsfreundliche Anwendung. Die Stärke des modellbasierten Entwicklungsauftrags nach ECHTERHOFF ist eine eingängige Modellierungssprache; das System kohärenter Partialmodelle zur Beschreibung der Produktionssystemspezifikation liefert klare Aspekte zur integrativen Planung unter anderem von Prozessen und Ressourcen; die geringe Anzahl an Konstrukten und Elementen bestärkt die Benutzungsfreundlichkeit von OMEGA zur Abbildung von Ablauforganisationen. Allen drei Ansätzen mangelt es aber an einem konkreten Bezug zu dem Wertschöpfungssystem. Folglich unterstützten die Ansätze unterschiedlich gut eine benutzungsfreundliche Anwendung.

A6) Werkzeugunterstützung

Selbst einfache Marktleistungen können ein weitverzweigtes, komplexes Wertschöpfungssystem mit einer Vielzahl an Beteiligten sowie Prozessen zur Leistungserstellung zur Folge haben. Vor diesem Hintergrund soll die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen werkzeugunterstützt erfolgen. Ein Teil der analysierten Ansätze

stellt eine Werkzeugunterstützung bereit. Keiner der Ansätze wird dabei jedoch der Komplexität von Wertschöpfungssystemen gerecht. Besondere Eignung verspricht eine kombinierte Werkzeugunterstützung in Form von Kartensets für Workshops und zugehöriger Software-Lösung, wie sie beispielsweise OMEGA liefert.

A7) Systematisches Vorgehen

Ein systematisches Vorgehen soll die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen in strukturierte Bahnen leiten und ihn für alle Beteiligten transparent sowie nachvollziehbar darstellen (vgl. Abschnitt 2.4). Diese Anforderung wird von knapp der Hälfte des Stands der Technik teilweise oder vollumfänglich erfüllt. Sinnvolle Phasen sind für die angestrebte Spezifikationstechnik auf Wirksamkeit und Anwendbarkeit zu untersuchen und bedarfsgerecht zu integrieren.

A8) Wiederverwendbarkeit

Bei der Beschreibung von Wertschöpfungssystemen werden Anwendende häufig mit wiederkehrenden Aufgaben konfrontiert. Die Wiederverwendbarkeit soll den Aufwand zur Spezifikation eines Wertschöpfungssystems reduzieren. Die Anforderung wird von wenigen, überwiegend domänenspezifischen Ansätzen adressiert. Das integrierte Rahmenkonzept zum ganzheitlichen Design von Dienstleistungen liefert standardisierte Prozessbausteine zur Wiederverwendung. Daher besteht Handlungsbedarf die Wiederverwendbarkeit von Ergebnissen bei der Entwicklung der Spezifikationstechnik ins Kalkül zu ziehen.

A9) Unterstützung der Analyse

Nur vereinzelt unterstützen die untersuchten Ansätze aus dem Stand der Technik die Analyse von Wertschöpfungssystemen. Die meisten Ansätze greifen keine explizite Analyseunterstützung auf, vielmehr zielen sie auf Teilbereiche von Wertschöpfungssystemen ab. Lediglich BACH ET AL., ERLACH und PORTER sehen die Analyse als essentiellen Bestandteil ihres Ansatzes. SCHEER ET AL. sowie DIETRICH adressieren wichtige Teilaspekte wie die Analyse von Dienstleistungen oder Informationssystemen. Oftmals bilden gewachsene Unternehmensstrukturen die Grundlage zukünftiger Wertschöpfungssysteme, sodass Handlungsbedarf zur Unterstützung bei der Analyse von Wertschöpfungssystemen besteht.

Keiner der untersuchten Ansätze und keine triviale Kombination bestehender Aspekte erfüllen alle in Abschnitt 2.7 formulierten Anforderungen vollständig. Wesentliche Schwachstelle ist die mangelhafte Verknüpfung zwischen Ansätzen zur Beschreibung der Marktleistung, der erforderlichen Kompetenzen sowie der operativen Interaktionen und Prozessen in Wertschöpfungssystemen. Insbesondere domänenspezifische Ansätze mangelt es zudem an einem unternehmerischen Gesamtkontext, vielmehr adressieren sie Teilaspekte des Wertschöpfungssystems. Es besteht dringender Handlungsbedarf für eine *Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen*.

Bewertung der untersuchten Ansätze hinsichtlich der gestellten Anforderungen.

Fragestellung:
Wie gut erfüllen die untersuchten Ansätze (Zeile) die gestellten Anforderungen an die Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen (Spalte)?

Bewertungsskala:
○ = nicht erfüllt
◐ = teilweise erfüllt
● = voll erfüllt

			Anforderungen (A)								
			A1 Ganzheitliche Beschreibung des Wertschöpfungssystems	A2 Kooperation mit Partnern	A3 Gültigkeit für das produzierende Gewerbe	A4 Einheitliche und graphische Notation	A5 Benutzungsfreundliche Anwendung	A6 Werkzeugunterstützung	A7 Systematisches Vorgehen	A8 Wiederverwendbarkeit	A9 Unterstützung der Analyse
Planung von Wertschöpfungssystemen		Integrierte Planungsmethodik nach Fleischer et al.	◐	◐	●	○	○	○	●	○	○
		Gestaltungsansatz zur Konfiguration von Wertschöpfungssysysystemen nach Miroschedji	○	◐	◐	○	○	○	●	○	○
		Perspektiven des dynamischen Unternehmens nach Weiner et al.	◐	◐	○	○	○	●	○	◐	○
Modellierung von Wertschöpfungssystemen		Visualisierungsansatz nach Deelmann/Loos	○	○	●	●	◐	○	○	○	○
		Value Delivery Modeling Language (VDML)	◐	○	●	●	○	○	○	○	○
		Modellbasierter Entwicklungsauftrag nach Echterhoff	○	○	●	●	●	●	○	○	○
Analyse von Wertschöpfungssystemen		Wertschöpfungsorientierte Organisation nach Bach et al.	○	○	○	○	○	○	●	○	●
		Value Stream Mapping nach Erlach	○	○	●	●	◐	○	◐	○	●
		Klassische Wertkette nach Porter	○	○	◐	○	○	○	◐	○	●
Domänenspezifische Ansätze	Geschäftsplanung	Geschäftsmodellentwicklung nach Köster	◐	○	●	○	◐	○	◐	○	○
		Interaktionsmodell nach Wirtz	◐	◐	●	○	◐	○	◐	○	○
		[moby]-Geschäftsmodellframework nach Weiner et al.	○	○	○	◐	◐	◐	○	●	○
	Produktionssystemplanung	System kohärenter Partialmodelle zur Beschreibung der Produktionssystemspezifikation	○	○	●	●	●	◐	◐	○	○
		Modellierung der Produktion nach Wiendahl et al.	○	○	●	○	○	○	◐	○	◐
		Aachener PPS-Modell	◐	○	●	○	○	○	◐	○	○
	Logistikplanung	SCOR-Modell	◐	◐	◐	○	○	○	◐	●	◐
		Supply-Chain-Management-Referenz- und Aufgabenmodell	○	◐	◐	○	○	○	◐	○	◐
		IMP-Interaktionsmodell	○	◐	◐	○	○	○	○	○	◐
	Dienstleistungsplanung	Modellgestütztes Service Systems Engineering nach Klein	○	◐	○	●	○	○	○	◐	○
		Integriertes Rahmenkonzept zum ganzheitlichen Design von Dienstleistungen nach Scheer et al.	○	○	◐	●	○	◐	○	●	●
		Service Blueprinting	○	◐	○	●	●	○	○	○	○
	Informationssystemplanung	Strategic Alignment Model nach Henderson et al.	○	◐	○	○	○	○	◐	○	◐
		Anwendungsarchitektur für Mass Customization Informationssysteme nach Dietrich	○	◐	●	○	○	○	○	◐	●
		Framework for Information Systems Architekture nach Zachman	○	◐	●	●	○	◐	○	●	○
Domänenübergreifende Beschreibungsansätze		Systems Modeling Language (SysML)	○	○	●	◐	○	○	○	○	○
		Business Process Model and Notation (BPMN)	○	◐	●	●	●	○	○	○	○
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	○	◐	●	●	●	●	○	◐	○

Bild 3-36: Bewertung der untersuchten Ansätze hinsichtlich der Anforderungen an die Spezifikationstechnik

4 Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen

„One Look is Worth A Thousand Words“ – FRED R. BARNARD, 1921

Dieses Kapitel beschreibt die *Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen*. Die Spezifikationstechnik soll den in der Problemanalyse ermittelten Handlungsfeldern und Anforderungen (vgl. Abschnitt 2.6 und Abschnitt 2.7) gerecht werden sowie den im Stand der Technik identifizierten Handlungsbedarf (vgl. Abschnitt 3.6) erschließen. Die vorgestellte Spezifikationstechnik soll einen Beitrag zu einer zielorientierten, wirkungsvollen Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachdisziplinen bei der Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen leisten und darüber hinaus dessen Operationalisierung unterstützen. Zu diesem Zweck verfolgt die Spezifikationstechnik drei wesentliche Ziele:

- **Planung von Wertschöpfungssystemen**, d. h. die Beschreibung des Wertschöpfungssystems umfasst die für das Systemverständnis und Operationalisierung notwendigen Inhalte (z. B. Kompetenzen, Beziehungen zu Partnern).
- **Interdisziplinäres Kooperations- und Kommunikationsmittel** für beteiligte Akteure, d. h. die Beschreibung des Wertschöpfungssystems ist intuitiv verständlich und begünstigt den Austausch und die Zusammenarbeit beteiligter Akteure – unabhängig von ihrem Fachbereich und Ausbildungshintergrund.
- **Systematisches Vorgehen und Analyse**, d. h. die beteiligten Akteure werden befähigt die Modellierungssprache für eine effiziente und effektive Modellerstellung anzuwenden. Zudem eignet sich die Spezifikationstechnik mittels einfacher und prägnanter Visualisierung als Instrument zur anschaulichen Analyse des Wertschöpfungssystems.

Eingangs wird ein Überblick über die Spezifikationstechnik gegeben (vgl. Abschnitt 4.1). Dafür werden zunächst die Grundidee der Spezifikation von Aspekten sowie deren Vernetzung eingeführt und anschließend eine Übersicht der Bestandteile der Spezifikationstechnik präsentiert. Die Spezifikationstechnik umfasst die drei Bestandteile: Modellierungssprache (vgl. Abschnitt 4.2), Werkzeugunterstützung (vgl. Abschnitt 4.3) und Vorgehensmodell (vgl. Abschnitt 4.4).

4.1 Die Spezifikationstechnik im Überblick

Gegenstand des Abschnitts ist ein Überblick der entwickelten Spezifikationstechnik. Aus diesem Grund wird zunächst die Grundidee und die Vernetzung der Modelle erläutert. Daran schließt sich die Übersicht über die Bestandteile der Spezifikationstechnik an.

Grundidee – Spezifikation von Aspekten zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen

Die Grundidee der Spezifikationstechnik ist die Verwendung unterschiedlicher Aspekte zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Hierfür wird eine Modellierungssprache eingesetzt. Sie ermöglicht eine einfache, intuitive Darstellung und vermittelt ein umfassendes Verständnis über das betrachtete Wertschöpfungssystem sowie die Wirkzusammenhänge beteiligter Partner. Mithilfe der Modellierungssprache werden unterschiedliche Aspekte auf das Wertschöpfungssystem und deren Vernetzung beschrieben. Einzelne Aspekte werden rechnerintern durch Partialmodelle abgebildet.

Die Beschreibung des Wertschöpfungssystems gliedert sich in die strategische, die taktische sowie die operative Ebene (vgl. Abschnitt 3.4.3.2) und erfolgt anhand der sieben Aspekte bzw. Partialmodelle: Geschäftsmodell, Anforderungen, Aktivitäten, Ressourcen, Aufbauorganisation, Interaktionsmodell und Ablauforganisation (siehe Bild 4-1).

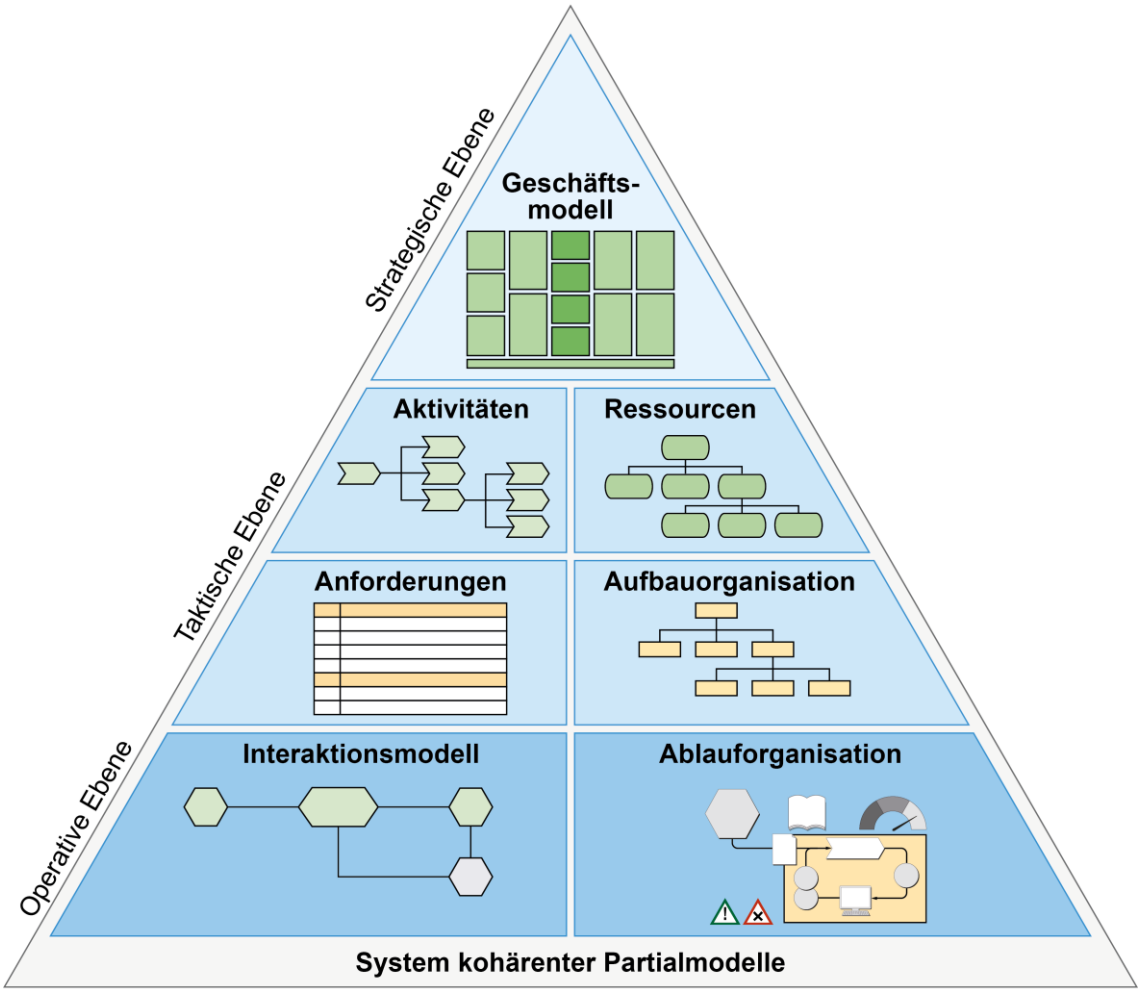

Bild 4-1: Vernetztes System von Partialmodellen zur Beschreibung des Wertschöpfungssystems in Anlehnung an [SDG+17], S. 6]

Die **strategische Ebene** beschreibt die prinzipielle Geschäftslogik eines Unternehmens – d. h. *was* umgesetzt wird. Ein aggregiertes Abbild dieser Logik wird durch das Geschäftsmodell repräsentiert; es ist ein zentrales Ergebnis der Geschäftsplanung im Rahmen der strategischen Produktplanung [GRK13, S. 9]. Dem Gedanken der integrativen Planung von Geschäft und Wertschöpfungssystem folgend, bildet das *Geschäftsmodell* den strategischen Aspekt des Wertschöpfungssystems ab [GWE+17].

Die **taktische Ebene** umfasst die zur Leistungserstellung erforderlichen Kompetenzen[1] und Anforderungen – d. h. *womit* umgesetzt wird. Kompetenzen sind Fähigkeiten, die unter dem Einsatz notwendiger Ressourcen zielgerichtet angewendet werden [Rüb16, S. 84]. Vor diesem Hintergrund wird der Kompetenzbeschreibungsrahmen nach RÜBBELKE adaptiert, um eine strukturierte und reproduzierbare Beschreibung des Zusammenwirkens von Aufbauorganisation, Aktivitäten und Ressourcen auf taktischer Ebene zu erlauben (siehe Bild 4-2). Diese werden durch die Partialmodelle *Anforderungen*, *Aktivitäten*, *Ressourcen* und *Aufbauorganisation* spezifiziert.

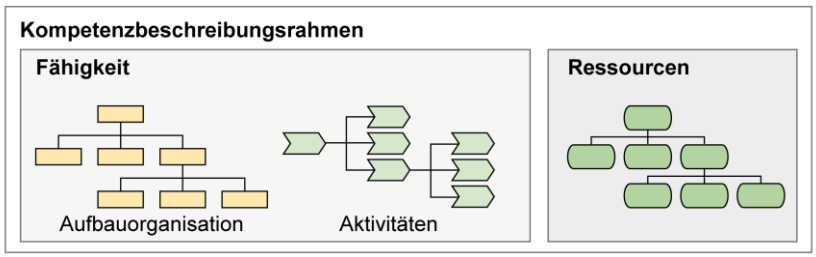

Bild 4-2: Zusammenwirken der Partialmodelle Aufbauorganisation, Aktivitäten und Ressourcen anhand des Kompetenzbeschreibungsrahmens in Anlehnung an [Rüb16, S. 84]

Die **operative Ebene** verdeutlicht die konkrete Art und Weise der Leistungserstellung – d. h. *wie* umgesetzt wird. Das *Interaktionsmodell* bildet Querverbindungen und Abhängigkeiten zwischen den beteiligten Akteuren ab, wohingegen sich die *Ablauforganisation* durch Abbildung der Aktivitäten und zugehörigen Ressourcen auf die Aufbauorganisation ergibt.

Die Bildung von Aspekten zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen folgt dem Ansatz der differenzierten Systembetrachtung des Systems Engineerings und reduziert die Systemkomplexität (vgl. Abschnitt 2.5). Der Fokus liegt dabei nicht wie bisher üblich allein auf dem Geschäftsmodell oder den Geschäftsprozessen, vielmehr steht das zu entwickelnde Wertschöpfungssystem im Mittelpunkt und wird durch die Vernetzung der Partialmodelle ganzheitlich abgebildet.

---

[1] Die Beschreibung der Kompetenzen durch Aktivitäten, Ressourcen und Aufbauorganisation orientiert sich an dem Kompetenzbeschreibungsrahmen nach RÜBBELKE. Für eine detaillierte Vorstellung der innovationorientierten Kompetenzplanung sei auf [Rüb16] verwiesen.

Vernetzung der Partialmodelle

Die Vernetzung der Partialmodelle beschreibt den logischen Zusammenhang der einzelnen Modelle zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen (siehe Bild 4-3). Bei einem Top-down-Vorgehen erfolgt die Bearbeitung entlang der drei Ebenen beginnend mit der strategischen, über die taktische bis hin zur operativen Ebene.

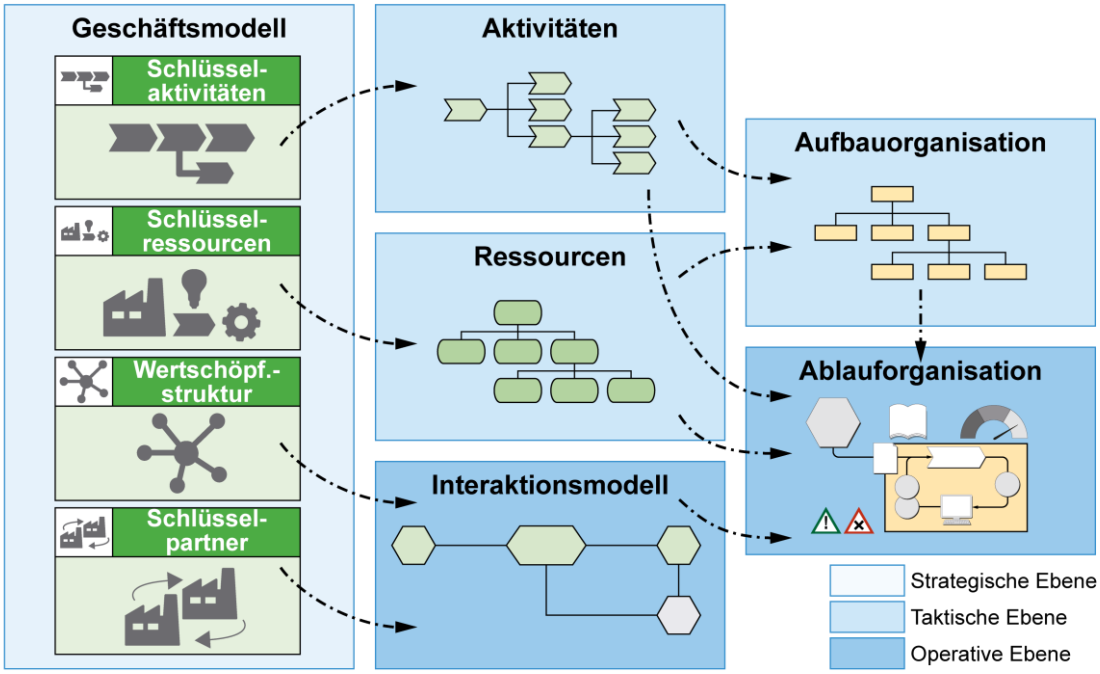

Bild 4-3: Vernetzung der Partialmodelle

Auf Grundlage der Informationen aus der strategischen Planung wird das **Geschäftsmodell** erstellt (vgl. Abschnitt 2.3 und Abschnitt 3.4.1). Die Inhalte der Teilmodelle (insb. Wertschöpfungsmodell) werden auf die Partialmodelle der taktischen und operativen Ebene übertragen; beispielsweise wird auf Basis erster Schlüsselaktivitäten eine grobe **Aktivitätenfolge** aufgebaut – gleiches gilt für **Ressourcen**. Die im Geschäftsmodell festgelegte Wertschöpfungsstruktur und die identifizierten Schlüsselpartner beschreiben die **Interaktionen** innerhalb des Wertschöpfungssystems. Auf Basis von Aktivitäten und Ressourcen werden Rollen in der **Aufbauorganisation** definiert und verankert. Die spezifizierten Partialmodelle sind wiederum Grundlage für die Ausgestaltung der **Ablauforganisation**, welche sich durch die Abbildung von Aktivitäten und Ressourcen auf die Aufbauorganisation sowie die Interaktionen ergibt. Ferner können aus dem Geschäftsmodell **Anforderungen** unter anderem an die Beziehungen zwischen Partnern (z. B. Liefermengen) abgeleitet werden.

Bestandteile der Spezifikationstechnik

Die entwickelte Spezifikationstechnik umfasst drei ineinandergreifende Bestandteile: Modellierungssprache, Werkzeugunterstützung und Vorgehensmodell (siehe Bild 4-4).

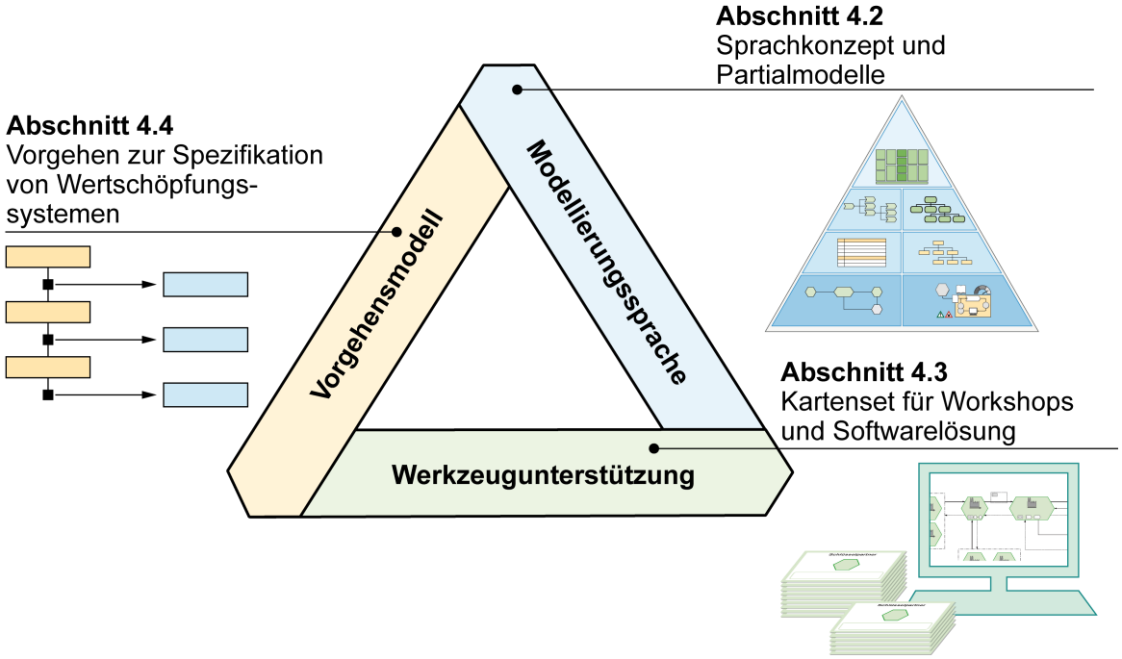

Bild 4-4: Bestandteile der Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen

Die **Modellierungssprache** dient der interdisziplinären Beschreibung des Wertschöpfungssystems. Es gliedert sich der Grundidee folgend in die Aspekte Geschäftsmodell, Anforderungen, Aktivitäten, Ressourcen, Aufbauorganisation, Interaktionsmodell und Ablauforganisation. Die Beschreibung des Wertschöpfungssystems ist ein kohärentes System von Partialmodellen, für das ein eingängiges Sprachkonzept unerlässlich ist. Das Sprachkonzept beruht auf einer intuitiv verständlichen graphischen Notation (konkrete Syntax); sie umfasst alle für die Beschreibung der Aspekte notwendigen Elemente. Grundlage bilden die Erkenntnisse der visuellen Kommunikation sowie die Grundsätze der ordnungsgemäßen Modellvisualisierung. Das Metamodell (abstrakte Syntax, statische Semantik) bildet den Kern der Modellierungssprache.

Die **Werkzeugunterstützung** beinhaltet unterschiedliche Arten von Hilfsmitteln für eine effiziente Modellierung des Wertschöpfungssystems: Ein Kartenset für den Einsatz in Workshops während des Planungsgeschehens sowie eine Softwarelösung zur Vereinfachten Modellerstellung und Steigerung der Durchgängigkeit und Wiederverwendbarkeit im Unternehmen.

Das **Vorgehensmodell** befähigt die beteiligten Fachleute zur Anwendung der Modellierungssprache im Rahmen der Planung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Hierfür legt es eine idealtypische Beschreibung von Phasen, Tätigkeiten und Meilensteinen fest.

4.2 Modellierungssprache

Das Ziel der Modellierungssprache ist eine ganzheitliche und interdisziplinäre Beschreibung des Wertschöpfungssystems. Unter *ganzheitlich* wird in diesem Kontext verstanden, dass die Beschreibung des Wertschöpfungssystems alle relevanten Informationen beinhaltet, die für ein umfassendes Systemverständnis von Bedeutung sind. Das sind ergänzend zur etablierten Beschreibung von Geschäftsprozessen insbesondere die integrative Betrachtung von Geschäftsmodellen, Kompetenzen und Interaktionen zwischen Akteuren. Sie bilden nachfolgend die Aspekte zur Beschreibung des Wertschöpfungssystems. *Interdisziplinär* zielt auf die allgemeinverständliche Art der Dokumentation ab; alle beteiligten Akteure sollen die Beschreibung des Systems intuitiv verstehen – unabhängig von ihrem Fachbereich und Ausbildungshintergrund.

Nachfolgend wird die Modellierungssprache vorgestellt. Hierfür wird zunächst das grundlegende Sprachkonzept eingeführt (vgl. Abschnitt 4.2.1). Es schließt sich die Vorstellung der sieben Aspekte bzw. Partialmodelle an (vgl. Abschnitt 4.2.2). Ergänzend werden die Vernetzung der Partialmodelle (vgl. Abschnitt 4.2.3) und die Bildung spezifischer Sichten (vgl. Abschnitt 4.2.4) dargestellt.

4.2.1 Grundlegendes Sprachkonzept

Zur Beschreibung des Wertschöpfungssystems wird eine graphische Modellierungssprache eingesetzt. Stärken graphischer Sprachen sind einfache Erlernbarkeit und Vermittlung, sodass sie vor allem ein leichtes und intuitives Spezifizieren des Betrachtungsgegenstands ermöglichen [Kai14, S. 35]. Die Grundidee zur Beschreibung von Wertschöpfungssystemen basiert auf der Spezifikation von Aspekten (vgl. Abschnitt 4.1). Für die Darstellung dieser Aspekte werden vorwiegend Modelle eingesetzt, dessen Abbildung mit vordefinierten Konstrukten erfolgt. Die verwendeten Konstrukte gliedern sich in die vier Klassen: Grundkonstrukte, Beziehungen, Zusatzkonstrukte und Verweise (siehe Bild 4-5).

Die **Grundkonstrukte** sind Hauptbestandteil eines oder mehrerer Partialmodelle (vgl. Abschnitt 4.2.1.1). Unterschieden werden Wertschöpfungseinheiten, -prozesse und -ressourcen. Über **Beziehungen** werden Grundkonstrukte miteinander vernetzt oder gruppiert. Sie werden unterteilt in Marktleistungs-, Informations- und Geldfluss sowie Logische Gruppe (vgl. Abschnitt 4.2.1.2). **Zusatzkonstrukte** spezifizieren Grundkonstrukte und Beziehungen näher. Sie unterstützten dadurch das intuitive Verständnis der Zusammenhänge. Definierte Zusatzkonstrukte sind Wertschöpfungsrollen, Bearbeitungsobjekte, Ressourcen und Entscheidungen (vgl. Abschnitt 4.2.1.3). **Verweise** bilden Zusammenhänge zwischen Partialmodellen ab oder spezifizieren weiterführende Begleitinformationen (vgl. Abschnitt 4.2.1.4). Abschnitt 4.2.1.5 zeigt, wie Zusatzkonstrukte und Verweise die Grundkonstrukte sowie Beziehungen konkretisieren.

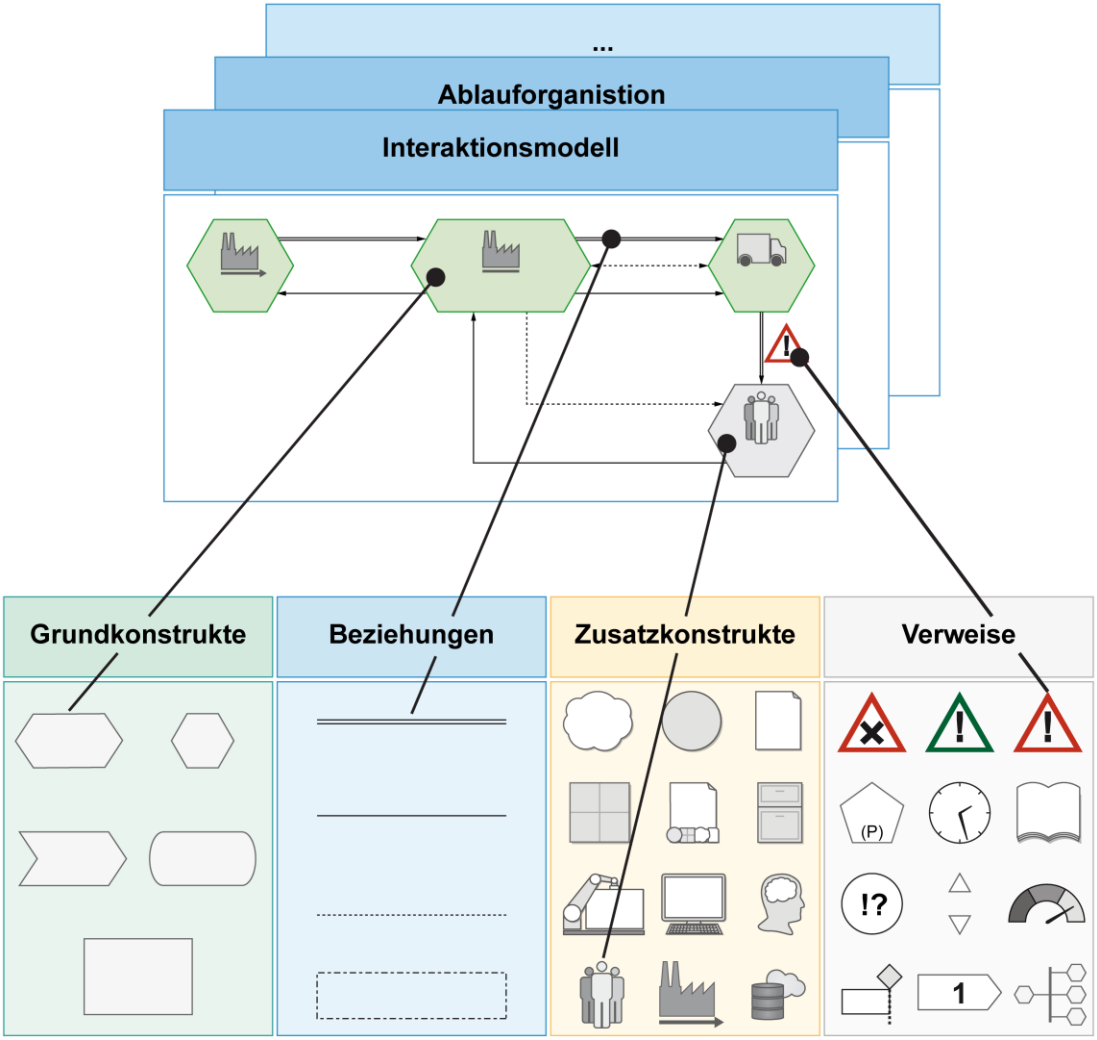

Bild 4-5: Klassen von Konstrukten zur Spezifikation der Partialmodelle

Die graphische Notation orientiert sich an den sechs Grundsätzen ordnungsmäßiger Modellvisualisierung (GoMV) nach DEELMANN/LOOS: Grundsatz der Konsistenz, des minimalen Visualisierungsgrads, des inhaltlichen Minimalprinzips, der Metaphernutzung, der authentischen Darstellung und der Wiederverwendung [DL04a, S. 289].

- **Grundsatz der Konsistenz:** Die Gestaltung von Konstrukten soll dem Konsistenzprinzip folgen; Formen, Schriftarten, Linienarten und -stärken sind für alle Objekte konsistent zu definieren.
- **Grundsatz des minimalen Visualisierungsgrads:** Es soll auf räumliche Dimensionen verzichtet werden, sofern sie keinen ergänzenden Nutzen stiften; Symbole sollen den kleinstmöglichen Visualisierungsgrad aufweisen.
- **Grundsatz des inhaltlichen Minimalprinzips:** Die Anzahl unterschiedlicher Objekte ist zu minimieren; der Grenznutzen zusätzlicher Objekte ist ins Kalkül zu ziehen.

- **Grundsatz der Metaphernutzung:** Die Verwendung aussagekräftiger Metaphern und etablierter Symbolik fördern ebenso die Benutzungsfreundlichkeit wie Anschaulichkeit und Gefälligkeit von Modellelementen.
- **Grundsatz der authentischen Darstellung:** Eine sachlogische korrekte Symbolik vermeidet eine irreführende Gestaltung durch Verzerrung oder Verfälschung.
- **Grundsatz der Wiederverwendung:** Zur Wahrung einer modellübergreifenden Konsistenz ist bei vergleichbaren Zusammenhängen die gewählte Symbolik wiederzuverwenden.

4.2.1.1 Grundkonstrukte

Das Sprachkonzept umfasst drei Arten von Grundkonstrukten mit insgesamt acht Konstrukten: Wertschöpfungseinheiten, Wertschöpfungsprozesse und Wertschöpfungsressourcen (siehe Bild 4-6).

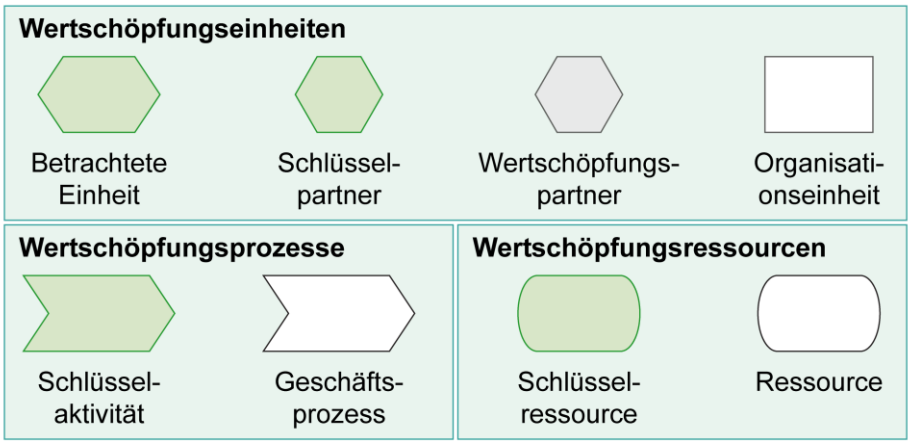

Bild 4-6: Grundkonstrukte zur Spezifikation der Partialmodelle

Wertschöpfungseinheiten repräsentieren eine definierte Stelle innerhalb eines Wertschöpfungssystems, die einen Geschäftsprozess ausführt, ihn verantwortet, Ressourcen zur Verfügung stellt oder mit weiteren Einheiten in Beziehung steht. Unterschieden werden betrachtete Einheit, Schlüsselpartner, Wertschöpfungspartner und Organisationseinheit. Von der *betrachteten Einheit* gehen die umzusetzende Marktleistung und häufig das Geschäftsmodell aus. Dabei kann es sich beispielsweise um ein Unternehmen oder eine eigenständige Unternehmensparte handeln. *Schlüsselpartner* sind von essentieller Bedeutung für die Leistungserstellung. Sie stehen oftmals mit der betrachteten Einheit in Verbindung (z. B. aufgrund einer intensiven Kooperation). *Wertschöpfungspartner* vervollständigen das Wertschöpfungssystem, leisten jedoch keinen zentralen Beitrag zur Gesamtwertschöpfung (z. B. einfacher Logistikdienstleister). Eine *Organisationseinheit* stellt eine Stelle der Aufbauorganisation (z. B. Abteilung, Team) innerhalb der betrachteten Einheit oder Partner dar, die einen oder mehrere Geschäftsprozesse ausführt oder verantwortet (vgl. Abschnitt 3.5.1.3). Wertschöpfungseinheiten werden durch Sechsecke

oder Rechtecke (Organisationseinheit) dargestellt. Die betrachtete Einheit und Schlüsselpartner werden durch ihre Grünfärbung von den anderen Einheiten hervorgehoben.

Ein **Wertschöpfungsprozess** ist eine Folge logisch zusammenhängender Aktivitäten zur Leistungserstellung oder zur Transformation eines Objekts. Er besitzt einen definierten Anfang (Auslöser oder Input) sowie ein definiertes Ende (Ergebnis oder Output) [GWE+17, S. 69], [GP14, S. 254f.]. Wertschöpfungsprozesse werden als Pfeile dargestellt. Unterschieden werden *Schlüsselaktivitäten* und *Geschäftsprozesse.* Schlüsselaktivitäten sind elementarer Bestandteil zur Erbringung des Ergebnisses (z. B. der Marktleistung). Sie werden ebenfalls durch eine Grünfärbung gekennzeichnet.

Die Durchführung von Geschäftsprozessen wird durch **Wertschöpfungsressourcen** unterstützt. Typische Ressourcen sind IT-Systeme (z. B. Cloud- oder CAD-System), Betriebsmittel (z. B. Bearbeitungszentrum oder Roboter) sowie Know-how. Ressourcen werden durch abgerundete Rechtecke visualisiert. Unterschieden werden *Schlüsselressourcen* und *Ressourcen.* Schlüsselressourcen sind in der Regel zur Durchführung von Schlüsselaktivitäten erforderlich; und heben sich analog zu Aktivitäten und Schlüsselpartnern durch ihre Grünfärbung von anderen Ressourcen ab.

Grundkonstrukte werden oftmals als Blackbox dargestellt. Erst wenn das Wissen über den Aufbau des Grundkonstrukts für das Systemverständnis erforderlich ist, wird es als Whitebox spezifiziert. Für dieses Grundkonstrukt wird ein höherer Detaillierungsgrad gewählt und spezifiziert (vgl. Abschnitt 4.2.1.2). Grundkonstrukte können durch Zusatzkonstrukte (vgl. Abschnitt 4.2.1.3) und Verweise (vgl. Abschnitt 4.2.1.4) näher beschrieben werden.

4.2.1.2 Beziehungen

Beziehungen bilden Zusammenhänge zwischen einzelnen Grundkonstrukten ab (siehe Bild 4-7). Unterschieden werden verhaltensbestimmende Beziehungen (Assoziationsbeziehungen) und Beziehungen zwischen Hierarchieebenen eines Partialmodells (Aggregationsbeziehungen) [GEK01, S. 311ff.].

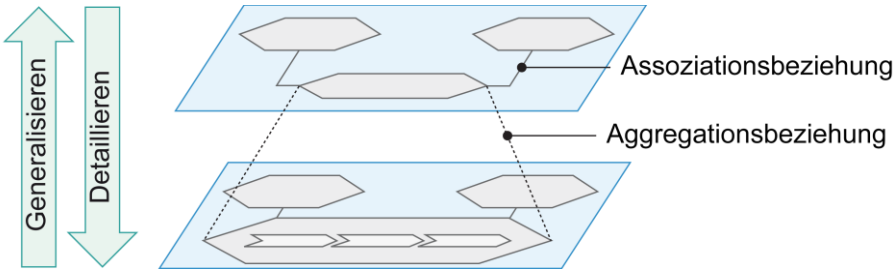

Bild 4-7: Schematische Darstellung von Assoziations- und Aggregationsbeziehungen zwischen Grundkonstrukten in Anlehnung an [Fra06, S. 81ff.], [GEK01, S. 311ff.], [Kal98, S. 94f.], [Pat82, S. 51]

Assoziationsbeziehungen gliedern sich in Flussbeziehungen und logische Beziehungen. Flussbeziehungen erlauben eine konkrete Spezifikation der Beziehung (Eingangs-Ausgangs-Beschreibung), wohingegen logische Beziehungen Abhängigkeitsverhältnisse abbilden [GEK01, S. 311ff.], [Kal98, S. 94ff.], [Fra06, S. 86f.]. Die Modellierungssprache umfasst insgesamt drei Arten von Assoziationsbeziehungen: Marktleistungsfluss, Informationsfluss und Geldfluss (vgl. Abschnitt 2.4.1). Sie werden durch unterschiedliche Linienarten und Bezeichnungen spezifiziert (siehe Bild 4-8).

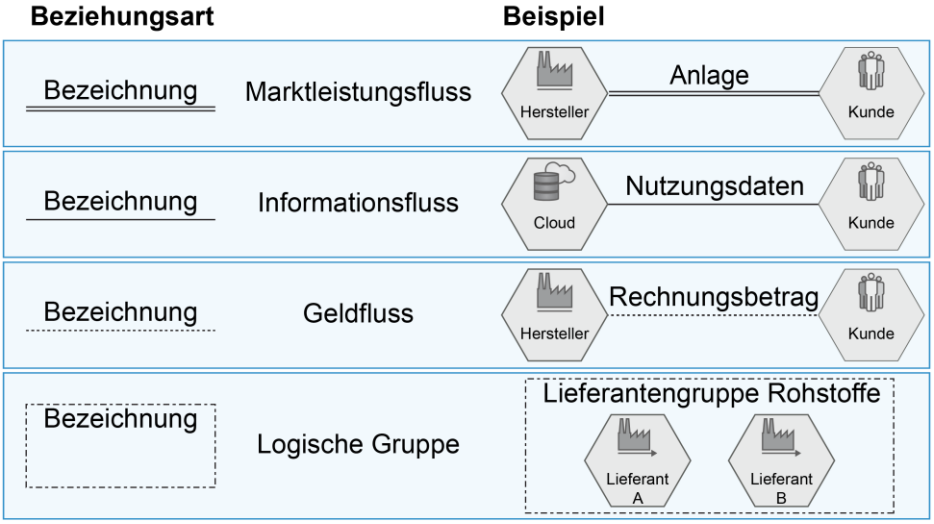

Bild 4-8: Arten von Beziehungen

Ein **Marktleistungsfluss** beschreibt den Leistungsaustausch zwischen zwei Wertschöpfungseinheiten. Es kann sich dabei um ein Produkt, eine Dienstleistung oder ein hybrides Leistungsbündel handeln. Ein Beispiel ist die Lieferung einer Anlage von einem Hersteller an seinen Kunden. Marktleistungsflüsse werden durch eine doppelte Linie dargestellt.

Informationsflüsse repräsentieren kommunikative Beziehungen zwischen zwei Grundkonstrukten. Informationen wie Daten, Signale, Messgrößen, Informationen oder Know-how, können in verbaler oder schriftlicher Form übertragen werden. Ein Beispiel ist der Austausch von Nutzungsdaten zwischen einem Kunden und einem IT-System (z. B. Cloud). Informationsflüsse werden durch eine durchgezogene Linie visualisiert.

Der Austausch monetärer Leistungen wird durch **Geldflüsse** abgebildet; es werden sämtliche Transaktionen (z. B. Barzahlung, Überweisung, elektronische Zahlverfahren) berücksichtigt. Geldflüsse werden durch eine Punkt-Linie veranschaulicht.

Aggregationsbeziehungen dienen der Strukturierung, indem sie einzelne Grundkonstrukte generalisieren bzw. detaillieren. Derartige Beziehungen werden durch **logische Gruppen** spezifiziert [Fra06, S. 90]. Zusammengehörige Konstrukte werden durch eine Strichpunkt-Linie zu einer logischen Gruppe zusammengefasst. Ein Beispiel ist die Gruppierung von ähnlichen Lieferanten zu einer Lieferantengruppe.

Die Richtungsangabe der Beziehung erfolgt grundsätzlich mithilfe von ausgefüllten Pfeilen. Die Pfeilspitze visualisiert die Richtung des Flusses. Unterschieden werden **unidirektional** in eine Richtung und **bidirektional** gerichtete Flüsse. Die Leserichtung bei gleichartigen bidirektionalen Beziehungen unterschiedlicher Ausprägung wird durch Dreiecke unterstützt. Beziehungen werden durch eine textuelle Bezeichnung spezifiziert. Ein Beispiel ist eine Informationsanfrage an ein IT-System (z. B. Cloud-System) und dessen Bereitstellung der angefragten Informationen. Flüsse beginnen und enden an einem Grundkonstrukt. In der Regel sind Marktleistungs- und Geldflüsse unidirektional, wohingegen Informationsflüsse auch bidirektional verlaufen (siehe Bild 4-9).

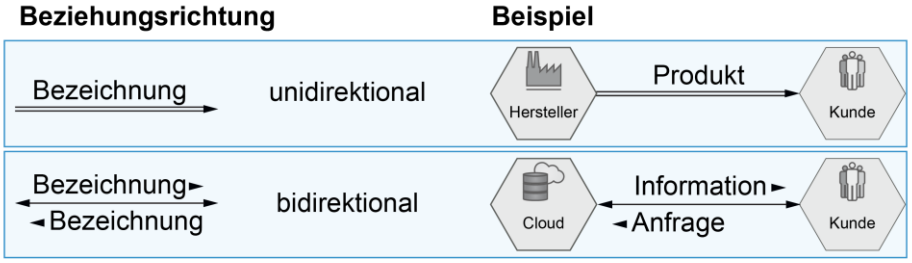

Bild 4-9: Richtungen von Beziehungen

4.2.1.3 Zusatzkonstrukte

Zusatzkonstrukte ergänzen Grundkonstrukte, um diese näher zu spezifizieren oder Beziehungen zu konkretisieren. Die Modellierungssprache umfasst daher vier Arten von Zusatzkonstrukten: Wertschöpfungsrollen, Bearbeitungsobjekte, Ressourcen, Entscheidungen. Alle Zusatzkonstrukte sind grundsätzlich eindeutig zu bezeichnen oder ihre Statusänderung zu vermerken (siehe Bild 4-10).

Wertschöpfungsrollen unterstützten die Anwendenden bei der einfachen Modellerstellung, indem häufig verwendete Rollen als visuelle Elemente vordefiniert zur Verfügung stehen[2]. Beispiele sind *Kunde*, *Hersteller*, *Lieferant*, *Plattform* oder *Logistik*.

Bearbeitungsobjekte sind Ein- und Ausgangsgrößen von Grundkonstrukten. Sie werden in der Regel von einem Prozess erzeugt bzw. transformiert; anschließend gehen Bearbeitungsobjekte als Input in einen nachgelagerten Prozess ein. Unter die Bearbeitungsobjekte fallen mündliche Informationsobjekte, Papierobjekte, IT-Objekte, Materialobjekte sowie Informationsgruppe (vgl. Abschnitt 3.5.1.3). *Mündliche Informationsobjekte* repräsentieren weder formal dokumentierte noch reproduzierbare mündliche Informationen (z. B. Telefonat, persönliches Gespräch). *Papierobjekte* stellen Bearbeitungsobjekte auf dem Medium Papier dar (z. B. Formular, Checkliste). Durch IT-Systeme verarbeitbare digitale Bearbeitungsobjekte werden als *IT-Objekt* bezeichnet (z. B. E-Mail, Datei eines

[2] Die Auswahl der Rollen basiert auf den Erfahrungen im Rahmen der mehr als 15 Workshops aus dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Verbundprojekt Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – GEMINI (http://www.geschaeftsmodelle-i40.de) [GWE+17, S. 69].

3D-CAD-Modells). Materialflüsse innerhalb eines Unternehmens werden als *Materialobjekt* abgebildet (z. B. Werkstück, Baugruppe). Eine Informationsgruppe fasst mehrere Bearbeitungsobjekte in beliebiger Kombination zusammen (z. B. Software-Paket inkl. Datenträger und Versanddokumentation) [GP14, S. 255f.].

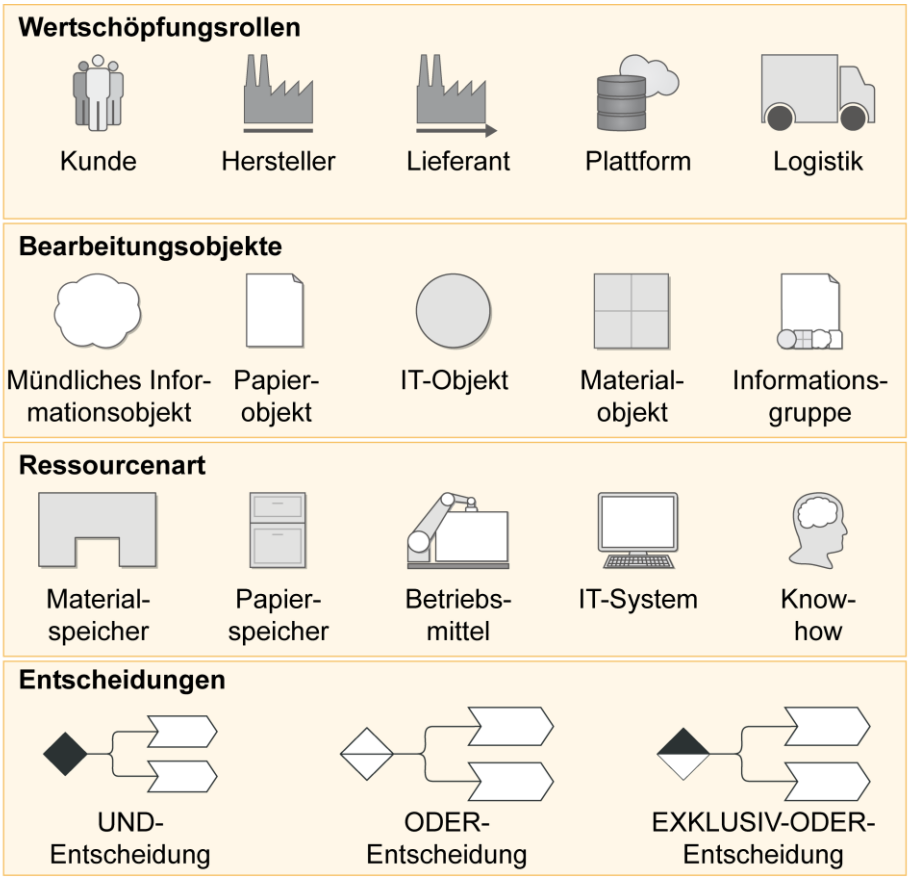

Bild 4-10: Zusatzkonstrukte

Es werden sowohl materielle als auch immaterielle **Ressourcenarten** unterschieden: Materialspeicher, Papierspeicher, Betriebsmittel, IT-System (alle materiell) und Know-how (immateriell). *Materialspeicher* bevorraten Materialobjekte und stellen diese bereit. Als Lager (z. B. Rohteilelager, Fertigteilelager) werden Materialspeicher in Verbindung mit einem bestandsführenden Geschäftsprozess bezeichnet; Puffer hingegen erfassen keine Bestände (z. B. Arbeitsplatzpuffer). Ein *Papierspeicher* lagert Papierobjekte und stellt sie zur Verfügung (z. B. Lieferantenregister, Archiv). *Betriebsmittel* transportieren oder transformieren Materialobjekte, empfangen, speichern oder stellen IT-Objekte bereit (z. B. Bearbeitungszentrum, Portalroboter). *IT-Systeme* speichern Informationen, verarbeiten IT-Objekte und verbreiten diese (z. B. CAD-System, Textverarbeitungsprogramm) [GP14, S. 256]. *Know-how* ist oftmals personengebundenes Wissen über die Umsetzung von Vorgängen, wie sie in Geschäftsprozessen vorkommen (z. B. Wissen über die Bedienung eines komplexen Betriebsmittels, Wissen über Potentiale neuartiger Technologiefelder).

Entscheidungen verzweigen mehrere Grundkonstrukte oder führen sie zusammen. Es werden drei Typen unterschieden: UND-Entscheidung, ODER-Entscheidung sowie EXKLUSIV-ODER-Entscheidung. Eine *UND-Entscheidung* löst erst dann alle nachfolgenden Vorgänge aus, wenn alle erforderlichen Ergebnisse vorliegen. *ODER-Entscheidungen* initiieren einen oder mehrere Vorgänge in Abhängigkeit einer oder mehrerer vorheriger Vorgänge. Durch eine *EXKLUSIV-ODER-Entscheidung* wird genau einer der nachfolgenden Vorgänge ausgelöst [GP14, S. 258f.].

4.2.1.4 Verweise

Verweise konkretisieren Grundkonstrukte und Beziehungen. Zudem stellen sie partialmodellübergreifende Verbindungen zwischen Konstrukten und Beziehungen her. Es werden Verweise auf Partialmodelle, Verweise zur Konkretisierung und Verweise zur Strukturierung differenziert. Die in Bild 4-11 dargestellten Piktogramme verweisen auf **Partialmodelle**.

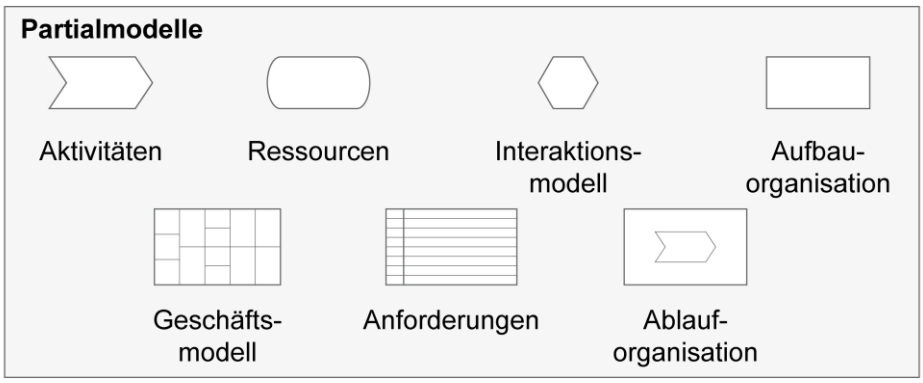

Bild 4-11: Piktogramme für Partialmodelle

Die **Verweise zur Konkretisierung** von Grundkonstrukten und Beziehungen sind: Potential, Fähigkeit, Risiko, Methode, Kennzahl, Attribut (Parameter), Hierarchieordnung, zeitliche Abfolge sowie Anmerkungen (siehe Bild 4-12).

Potentiale symbolisieren Verbesserungspotentiale innerhalb des Wertschöpfungssystems (z. B. hohe Durchlaufzeiten, fehlende Verantwortlichkeiten). Das Symbol *Fähigkeit* weist auf eine besondere Fähigkeit hin, die zur Leistungserstellung benötigt wird (z. B. Projektmanagement, Auswertung großer Datenmengen) [GP14, S. 259]. Unter *Risiken* werden potentiell negative Einflüsse auf bzw. Gefahren für das Wertschöpfungssystem berücksichtigt (z. B. Engpässe durch Zulieferer, Partnerabhängigkeit). Eine *Methode* zeigt eine bewährte Abfolge von Arbeitsschritten zur Erreichung eines definierten Ergebnisses an (z. B. Quality Function Deployment, Business Model Canvas). Eine *Kennzahl* dient der Dokumentation und Messung der Leistungsfähigkeit eins Grundkonstrukts oder einer Beziehung sowie dem Controlling und der Steuerung von Wertschöpfungssystemen (z. B Liefertreue, Bestellfrequenz) [GP14, S. 259f.]. *Attribute* verweisen auf bestimmte Eigenschaften und deren konkrete Ausprägung (z. B. geforderte Liefermenge, benötigte

Bandbreite). Als *Parameter* werden Attribute bezeichnet, die eine Anpassung des Wertschöpfungssystems bewirken können (z. B. variables Erlöskonzept, dynamische Wartungsintervalle); sie werden durch ein zusätzliches P gekennzeichnet. Die *Hierarchieeinordnung* verweist auf die Aggregationsbeziehung eines Grundkonstrukts zu über- oder untergeordneten Konstrukten innerhalb einer Hierarchie. Mithilfe der *zeitlichen Abfolge* wird eine erforderliche Reihenfolge charakterisiert (z. B. bei Serviceprozessen, bei teilautomatisierten Vertragsverhandlungen). *Anmerkungen* ergänzen Informationen oder verweisen auf offene Punkte [Fra06, S. 97ff.].

Verweise zur Strukturierung dienen vor allem zur Verbesserung der Übersichtlichkeit; dazu zählen die vier Verweise: Konnektoren, Meilensteine, Splittinglinie und Synchronisationslinie. *Konnektoren* verweisen auf Beziehungen über mehrere Darstellungsebenen hinweg. Durch *Meilensteine* werden Entscheidungspunkte oder Ergebnisse verortet. Insbesondere Wertschöpfungssysteme sind durch eine starke Vernetzung einzelner Konstrukte gekennzeichnet. Splitting- und Synchronisationslinien vereinfachen die Darstellung von Beziehungen. *Splittinglinien* implizieren, dass ein von einem Konstrukt ausgehender Fluss in mehrere Konstrukte eingeht, wohingegen *Synchronisationslinien* von mehreren Konstrukten ausgehende Flüsse zu einem eingehenden Fluss zusammengefasst werden [GP14, S. 259ff.].

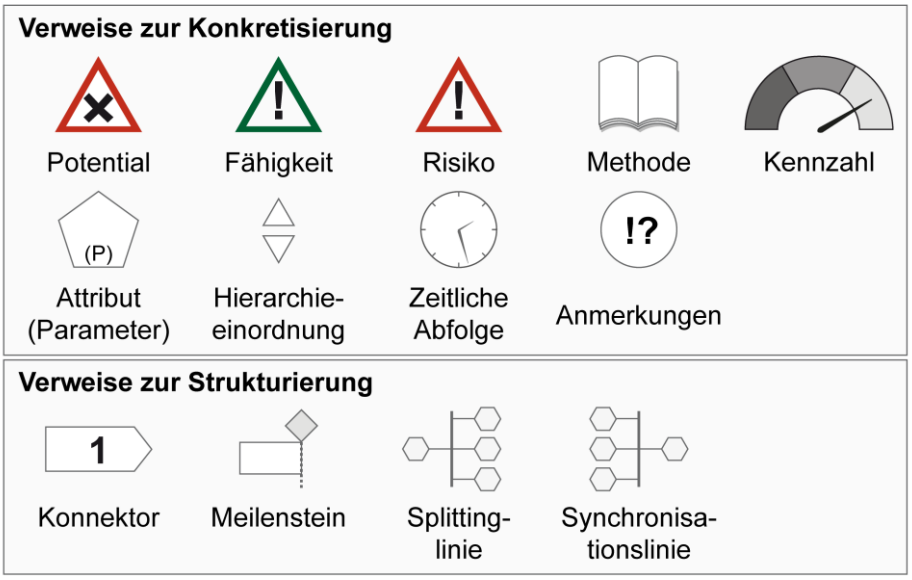

Bild 4-12: Verweise zur Konkretisierung und Strukturierung

4.2.1.5 Zuordnung der Konstrukte

Eine einheitliche Darstellung von Modellen ist ein Erfolgsfaktor für die Akzeptanz von Modellierungssprachen (vgl. Abschnitt 2.1.4). Vor diesem Hintergrund wird an dieser Stelle die Zuordnung von Zusatzkonstrukten und Verweisen zu den Grundkonstrukten und Beziehungen exemplarisch thematisiert.

Die Anordnung von Zusatzkonstrukten und Verweisen erfolgt exemplarisch an dem **Grundkonstrukt** betrachtete Einheit (siehe Bild 4-13). Die *Bezeichnung des Grundkonstrukts* befindet sich horizontal mittig in der unteren Hälfte des Sechsecks. Der gesamte Bereich um die Bezeichnung herum steht für *Verweise auf Partialmodelle* sowie für *Verweise zur Konkretisierung* zur Verfügung. Exemplarisch sind hier Verweise auf Aktivitäten oder Risiken angeführt. In der oberen Hälfte wird das *Zusatzkonstrukt für die Wertschöpfungsrolle* ebenfalls horizontal mittig platziert.

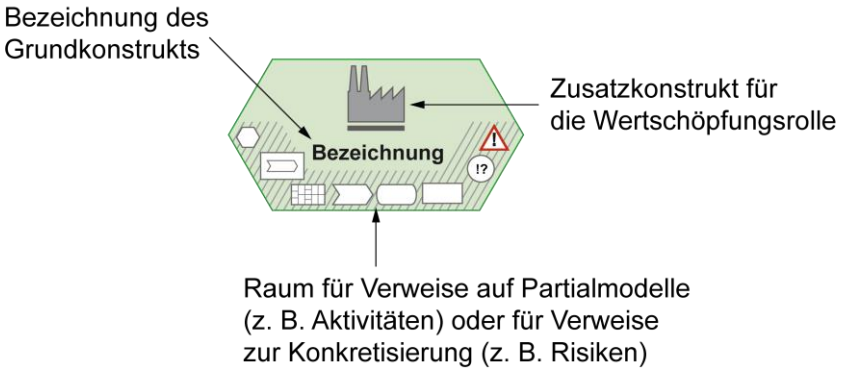

Bild 4-13: Anordnung von Zusatzkonstrukten und Verweisen auf dem Grundkonstrukt betrachtete Einheit

Bild 4-14 zeigt die **Spezifikation von Beziehungen**. Die *Linienart* kennzeichnet die *Beziehungsart*; ausgefüllte Pfeile die *Beziehungsrichtung*. Die *Bezeichnung der Beziehung* wird bei unidirektionaler Beziehungsrichtung über und bei bidirektionaler Richtung sowohl über als auch unter der Flusslinie platziert. Bei bidirektionalen Beziehungen mit unterschiedlicher Ausprägung zeigen Dreiecke die *Leserichtung* an. Ober- und unterhalb der Bezeichnung ist Raum für Verweise wie Anforderungen oder zeitliche Attribute. Eine Strichlinie fasst die Bezeichnung, Verweise, Angabe der Leserichtung zusammen.

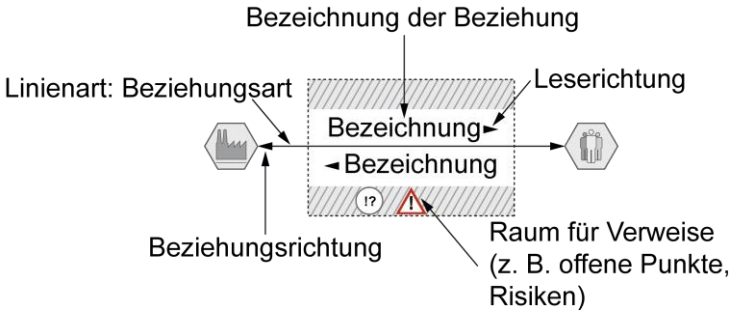

Bild 4-14: Spezifikation von Beziehungen

4.2.2 Partialmodelle zur Beschreibung des Wertschöpfungssystems

In diesem Abschnitt werden die Partialmodelle sowie deren dazugehörige Spezifikation vorgestellt. Während der Planung ist es oftmals nicht möglich und nicht gewollt, die Partialmodelle vollständig und konkret zu beschreiben. Vielmehr geht es darum, die integrative Planung von Geschäft und Leistungserstellung voranzutreiben, den grundsätzlichen

Aufbau und die Wechselwirkungen des Wertschöpfungssystems zu identifizieren sowie Einigkeit darüber bei allen Beteiligten zu erzielen. Die Partialmodelle erhalten daher keine vollständige Systembeschreibung. Die Beschreibung erfolgt an einem neutralen Beispiel aus dem Projekt Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – GEMINI. Die Spezifikation der Vernetzung wird in Abschnitt 4.2.3 dargestellt.

4.2.2.1 Geschäftsmodell

Geschäftsmodelle bilden die unternehmerische Geschäftslogik ab und vermitteln zwischen Geschäftsstrategie und Wertschöpfungsprozessen (vgl. Abschnitt 2.3). In vereinfachter Art fokussieren sie alle relevanten Informationen zur Leistungserstellung und zum Vertrieb von Marktleistungen [Kös14, S. 24]. Diesem Verständnis folgend, eignet sich ein Geschäftsmodell zum Ausdruck strategischer Aspekte des Wertschöpfungssystems.

Als Strukturierungsrahmen wird eine **Business Model Canvas**[3] gewählt (vgl. Abschnitt 3.4.1). Sie dient der ganzheitlichen, wenngleich textuellen Beschreibung und eignet sich für die integrative Planung des Geschäfts und Wertschöpfungssystems. Hierfür werden sechs Teilmodelle bereitgestellt [GWE+17, S. 25]: Angebots-, Kunden-, Wertschöpfungs-, Finanz-, Anreiz- und Risikomodell (siehe Bild 4-15).

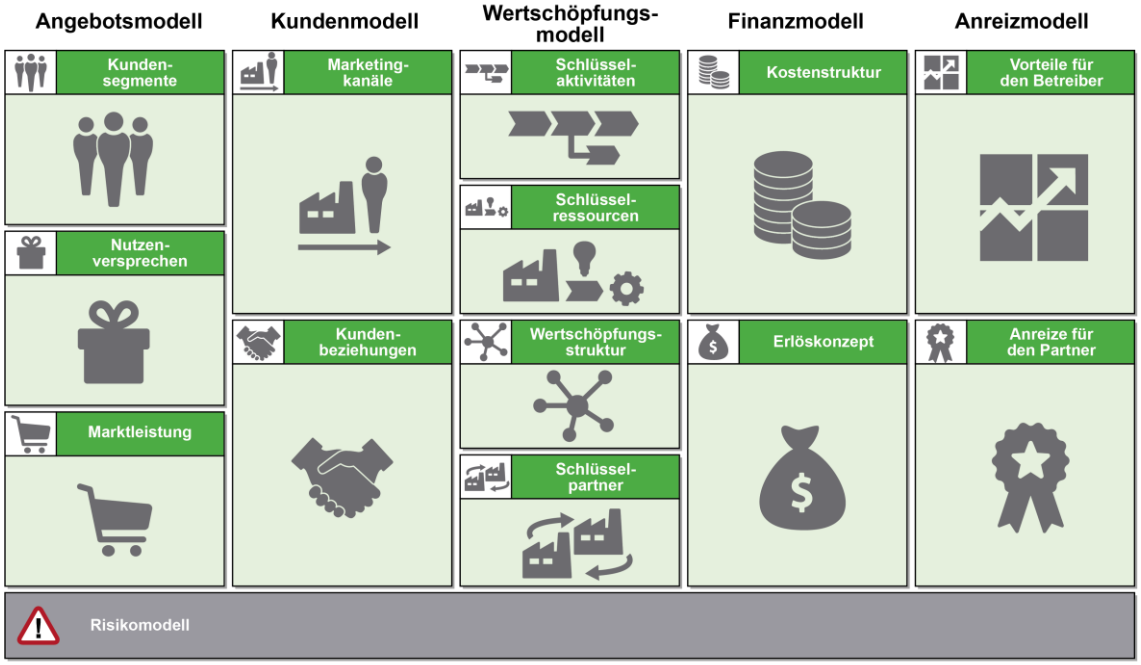

Bild 4-15: Business Model Canvas zur Entwicklung von Geschäftsmodellen [GWE+17, S. 27]

[3] Die Business Model Canvas (Geschäftsmodellrahmen) basiert auf den „9 Building Blocks“ nach OSTERWALDER/PIGNEUR [OP10, S. 15ff.]. Im Rahmen des Projekts GEMINI wurde dieser Rahmen für die integrative Planung von Geschäftsmodell und Wertschöpfungssystemen erweitert [GWE+17, S. 25ff.].

Das **Angebotsmodell** umfasst die Elemente Kundesegmente, Nutzenversprechen und Marktleistung. *Kundensegmente* legen fest, welche Kunden adressiert und wie diese zu logischen Gruppen zusammengefasst werden. Mit *Nutzenversprechen* wird der Wert der Marktleistung für die Kunden konkretisiert. Das Element *Marktleistung* übersetzt die vorliegende Geschäftsidee in vermarktbare Sachleistungen, Dienstleistungen oder hybride Marktleistungen [GWE+17, S. 26].

Durch das **Kundenmodell** werden Marketingkanäle und Kundenbeziehungen spezifiziert. *Marketingkanäle* zielt auf Interaktion zwischen Unternehmen und Kunden ab und wie die Marktleistung beworben wird. *Kundenbeziehungen* ergänzen die Art und Intensität der Interaktionen [GWE+17, S. 26].

Das **Wertschöpfungsmodell** beschreibt die Erbringung der Marktleistung. *Schlüsselaktivitäten* umfassen die dazu wichtigsten Aufgaben. Das Element *Schlüsselressourcen* umfasst die dafür erforderlichen Vermögenswerte. Durch die *Wertschöpfungsstruktur* wird die Wertschöpfungstiefe des betrachteten Unternehmens definiert. In der Konsequenz enthält das Element *Schlüsselpartner* die zur Leistungserstellung erforderlichen Partner [GWE+17, S. 26].

Im **Finanzmodell** werden die finanziellen Aspekte des Geschäftsmodells abgebildet. Die *Kostenstruktur* adressiert die wichtigsten Kostentreiber zum Aufbau und zum Betrieb des Geschäfts. Das *Erlöskonzept* zeigt auf, wie Nutzenversprechen und Marktleistung Erlösströme generieren [GWE+17, S. 26].

Nichtmonetäre Vorteile für Stakeholder werden im **Anreizmodell** aufgezeigt. Es werden *Vorteile für den Betreiber* (z. B. Verbesserung des Unternehmensimages) sowie *Anreize für die Partner* (z. B. Aufbau von Know-how) unterschieden [GWE+17, S. 26].

Das **Risikomodell** erfasst denkbare Gefahren und Hindernisse zur Initiierung des Geschäfts sowie während des Geschäftsbetriebs [GWE+17, S. 26].

Die Business Model Canvas liefert ein strukturiertes und komprimiertes Abbild für die Planung des Wertschöpfungssystems. Vor allem das Wertschöpfungsmodell stellt mit einer ersten – oftmals noch unstrukturierten – Sammlung relevanter Aktivitäten, Ressourcen und Partnern sowie der Struktur notwendige Anknüpfungspunkte zur weiteren Konkretisierung des Wertschöpfungssystems bereit (vgl. Abschnitt 4.1). Die weiteren Teilmodelle ergänzen diese sinnvoll; z. B. sind erste Geldflüsse im Erlöskonzept und Vertriebswege unter Marketingkanäle spezifiziert. Zudem eignet sich die Business Model Canvas aufgrund ihrer hohen Akzeptanz und Verbreitung in der Praxis hervorragend als Element für eine integrative Planung von Geschäftsmodell und Wertschöpfungssystem in interdisziplinären Teams.

4.2.2.2 Anforderungen

Das Partialmodell Anforderungen ist eine strukturierte Sammlung relevanter Anforderungen an das zu konzipierende Wertschöpfungssystem. Eine intensive Kommunikation und verstärkte Zusammenarbeit aller internen sowie externen Beteiligten führt zu einer wirksamen Anforderungserfassung. Das Ergebnis ist eine Anforderungsliste [GFD+08, S. 93]. Sie bildet die Grundlage, ist fortlaufend zu aktualisieren und den beteiligten Akteuren zur Verfügung zu stellen. Die Anforderungsliste bezieht sich nicht nur auf die Klärung interner Fragen zur Leistungserstellung, sondern auch auf das Verhältnis zu allen an der Leistungserstellung beteiligten Akteuren. Anforderungen sind lösungsneutral und positiv zu formulieren sowie eindeutig zu beschreiben [FGN+13, S. 320ff.], [Ehr07, S. 364f.], [Lin09, S. 91]. Die Anforderungen gelten im gesamten Planungsgeschehen als „Messlatte“ für das zu konzipierende Wertschöpfungssystem [Fra06, S. 104]. Eine Anforderungsliste muss folgenden Kriterien genügen: Lesbarkeit, Vollständigkeit, Konsistenz und Änderungsfreundlichkeit [FGN+13, S. 324f.]. *Lesbarkeit* bedeutet, die Anforderungsliste ist leicht zu erfassen und weist keine sprachlichen Defizite auf. Sie wird dann als *vollständig* betrachtet, wenn alle notwendigen Anforderungen erfasst sind. *Konsistente* Anforderungslisten sind konfliktfrei. Der gewählte Aufbau der Anforderungsliste muss einfache und nachvollziehbare Änderungen ermöglichen, d. h. sie ist *änderungsfreundlich*.

Die Ausgestaltung der Anforderungsliste erfolgt für einen spezifischen Zweck (z. B. geschäftsmodell- oder unternehmensspezifisch). Für eine strukturierte Dokumentation gliedert sich die Anforderungsliste in vier Bereiche [FGN+13, S. 321ff.]: Kopfzeile, Identifikation, Inhalt und Rückverfolgung (siehe Bild 4-16).

Die **Kopfzeile** umfasst die Bezeichnung der Anforderungsliste für das zu konzipierende Wertschöpfungssystem sowie den datierten Stand. Im Bereich **Identifikation**[4] werden alle Anforderungen für einen eindeutigen Bezug durchgehend nummeriert und je nach Gegenstand oder Eigenschaft individuell bezeichnet. Unterschieden werden Anforderungen nicht nur nach Leistungsbezug (z. B. minimale Liefermenge), sondern auch nach Kommunikations- (z. B. Produktionsfortschritt kontinuierlich mitteilen) sowie Finanzbezug (z. B. Tiefpreis einhalten). Unter **Inhalt** werden Anforderungen in Forderungen (F) oder Wünsche (W) unterschieden [Ehr07, S. 368f.], [FGN+13, S. 334f.]. Quantifizierbare Anforderungen werden durch ihren exakten Wert oder einen gültigen Wertebereich spezifiziert. Die Einheit setzt den Wert in Bezug zu dem Gegenstand der Anforderungen (z. B. 1000 Stück/Lieferung). Die Kennzeichnung des Funktionsbereichs ordnet Anforderungen entsprechend der Zuständigkeit. Der Bereich **Rückverfolgung** enthält alle Informationen zur Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Anforderungen. Die Verantwortung kann intern oder extern vorliegen und wird durch die Angabe des Bearbeiters

---

[4] Die Identifikation von Anforderungen wird durch eine Leitlinie mit einer Hauptmerkmalliste in Anlehnung an PAHL/BEITZ unterstützt [FGN+13, S. 330f.] (vgl. Anhand A1.1).

vermerkt. Sobald eine Anforderung dokumentiert oder geändert wird, erfolgt eine Angabe des Änderungsdatums. Auf Ressourcen oder Aktivitäten, die im direkten Kontext mit einer Anforderung stehen, wird über die zugehörige Ordnungszahl[5] verwiesen. Weiterführende Informationen werden unter Bemerkungen dokumentiert [FGN+13, S. 321ff.], [Fra06, S. 104].

1 Kopfzeile

Anforderungsliste: Wertschöpfungssystem
Stand: 10. August 2017

Nr.	Anforderungen	F/W	Wert			Einheit	Funktions-bereich	Verant-wortung	Bearbeiter	Änderung	Verweis		Bemer-kungen
			min./von	exakt	max./bis						Ressource	Prozess	
1	Leistungsbezogen												
1.1	Minimale Liefermenge	F	1000			Stück/ Lieferung	Ausgangs-logistik	extern	SM	5. Aug. 2017	1.1	4.4.1	-
	...												
2	Kommunikations-bezogen												
2.1	Produktionsfortschritt kontinuierlich mitteilen	W		24		Std./ Tag	Operation	intern	MSt	8. Aug. 2017	4.4	2.3	-
	...												
3	Finanzbezogen												
3.1	Tiefpreis einhalten	F			100	€/Stück	Marketing, Vertrieb	intern	SH	8. Aug. 2017	5.2.2	3.3.4	-
	...												

2 Identifikation 3 Inhalt 4 Rückverfolgung

Bild 4-16: Ausschnitt der Anforderungsliste an ein Wertschöpfungssystem

4.2.2.3 Aktivitäten

Das Partialmodell Aktivitäten befindet sich auf der taktischen Ebene eines Wertschöpfungssystems (vgl. Abschnitt 4.1). Es erfasst und strukturiert alle für die Umsetzung und den Betrieb erforderlichen Wertschöpfungsprozesse (vgl. Abschnitt 4.2.1.1). Diese Strukturierung bildet die Grundlage sämtlicher Schlüsselaktivitäten und Geschäftsprozesse (vgl. Abschnitt 2.2.2 und Abschnitt 2.4).

Die Funktionsbereiche eines Unternehmens dienen als Suchfeld für typische Aktivitäten[6]. Anhaltspunkte sind die **primären** oder **unterstützenden Funktionsbereiche**[7]. Für jeden Funktionsbereich existiert eine eigene Aktivitätensicht; sie enthält eine hierarchische Gliederung aller zugehörigen Aktivitäten (siehe Bild 4-17). Kann eine ermittelte Aktivität

---

5 Die Ordnungszahlen werden in den Abschnitten 4.2.2.3 und 4.2.2.4 eingeführt.

6 An dieser Stelle wird der Einfachheit von Aktivitäten gesprochen. Selbstredend sind damit Schlüsselaktivitäten und Geschäftsprozesse gleichermaßen gemeint, wenngleich in der frühen Phase des Planungsgeschehens vorwiegend Schlüsselaktivitäten dominieren.

7 Die Funktionsbereiche orientieren sich an den von PORTER definierten primären und unterstützenden Wertschöpfungsaktivitäten (vgl. Abschnitt 2.4).

in mehrere Unteraktivitäten aufgeteilt werden, so ergibt sich eine zusätzliche Hierarchieebene. Eine Aufgabe bezeichnet die unterste Ebene der Aktivitätensicht.

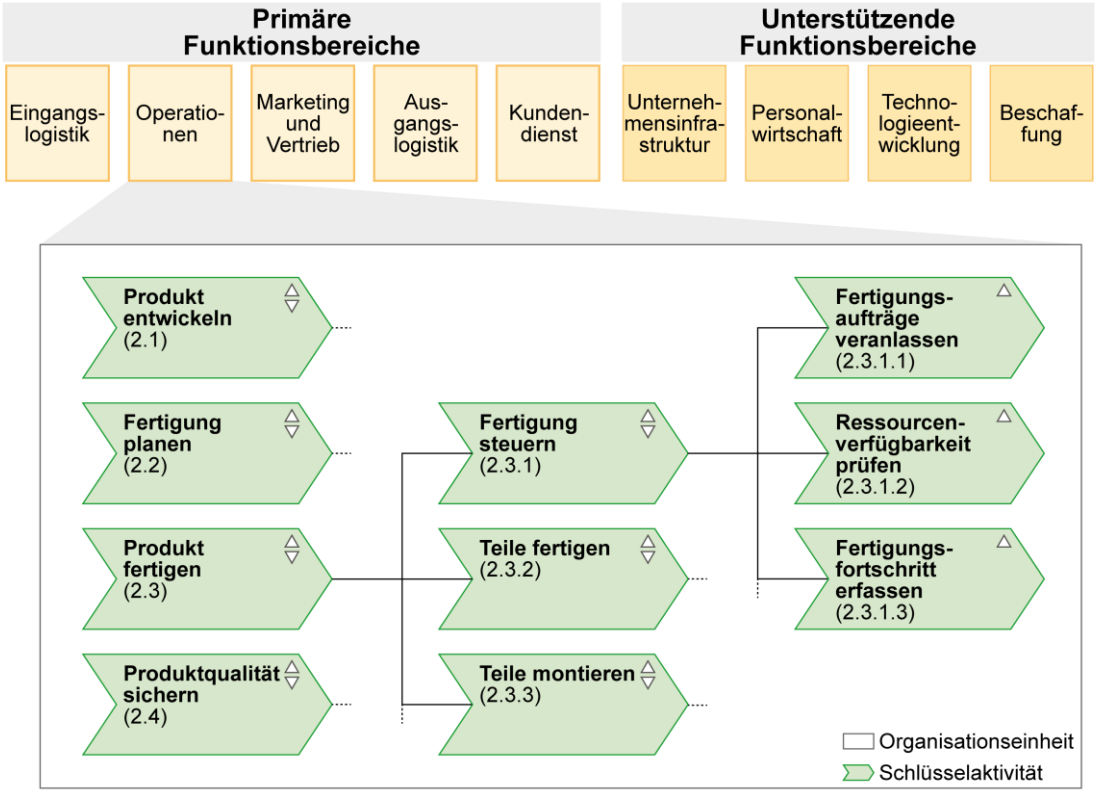

Bild 4-17: Ausschnitt von Schlüsselaktivitäten am Beispiel des Funktionsbereichs Operationen

Aktivitäten setzen sich syntaktisch aus Subjekt und Verb zusammen. Jeder Aktivität wird eine eindeutige Ordnungszahl zugewiesen. Sie gibt Aufschluss über die Position in der Hierarchie. Die Aggregationsbeziehung innerhalb der Gliederung wird durch den Verweis Hierarchieordnung visualisiert (vgl. Abschnitt 4.2.1.4).

Bild 4-17 zeigt einen Ausschnitt der Aktivitäten des Funktionsbereichs Operationen, die Funktionsbereiche dienen als Suchfelder zur Konkretisierung der Aktivitäten (vgl. Abschnitt 2.4.1). Die Aktivitäten der obersten Hierarchieebene lassen sich zergliedern. Die Aktivität *Produkt fertigen* (2.3) setzt sich unter anderem aus *Fertigung steuern* (2.3.1), *Teile fertigen* (2.3.2) sowie *Teile montieren* (2.3.3) zusammen. Die Aufgaben *Fertigungsaufträge veranlassen* (2.3.1.1), *Ressourcenverfügbarkeit prüfen* (2.3.1.2) und *Fertigungsfortschritt erfassen* (2.3.1.3) bilden die unterste Hierarchieebene von *Fertigung steuern* (2.3.1).

Das vorgestellte Partialmodell strukturiert die notwendigen Aktivitäten zur Leistungserstellung. Die hierarchische Gliederung unterstützt einerseits die Definition spezifischer Geschäftsprozesse und andererseits die Identifikation von Interaktionen zwischen beteiligten Akteuren innerhalb des Wertschöpfungssystems. Die Aktivitätensicht ist ein wesentlicher Bestandteil zur Ermittlung relevanter Kompetenzen.

4.2.2.4 Ressourcen

Das **Partialmodell Ressourcen** ergänzt die taktische Ebene. Es bildet die für die Umsetzung und den Betrieb notwendigen Ressourcen ab. Als Ressourcen werden die benötigten Sachmittel sowie das Personal bezeichnet [DIN69901], [GLL12, S. 102], [Rey11, S. 86f.]. Sie unterstützen die Durchführung umsetzungsrelevanter Aktivitäten (vgl. Abschnitt 4.2.2.3). Ressourcen werden in Form einer hierarchischen Baumstruktur dokumentiert; jede Ressource erhält eine identifizierende Ordnungszahl.

Bild 4-18 zeigt einen Ausschnitt der hierarchischen Gliederung von Schlüsselressourcen eines Wertschöpfungsnetzwerks. Die Ebene 1 schlüsselt Ressourcen gemäß der definierten Zusatzkonstrukte nach *Materialspeicher* (1), *Papierspeicher* (2), *Betriebsmittel* (3), *IT-System* (4) und *Know-how* (5) auf (vgl. Abschnitt 4.2.1.3). Alle für die Leistungserstellung erforderlichen Ressourcen werden entlang dieser Kategorien geordnet. Hierdurch werden Ressourcen über beliebig viele Hierarchieebenen aggregiert. Ein Beispiel: Die für Produktionsprozesse benötigten *Drehmaschinen* (3.1) und *Fräsmaschinen* (3.2) sind in der Kategorie *Betriebsmittel* (3) enthalten.

Ressourcen sind über Beziehungen miteinander verknüpft [Bau15, S. 94f.], [Rey11, S. 86f.] (vgl. Abschnitt 4.2.1.2). Mithilfe der definierten Konstrukte lässt sich die Modellierung ergänzen (vgl. Abschnitt 4.2.1.3). Der Austausch von Zwischenprodukten zwischen Betriebsmitteln stellt einen Marktleistungsfluss dar. Informationsbeziehungen ermöglichen die Kommunikation von IT-Systemen. Finanztransaktionen (z. B. elektronische Bezahlsysteme) innerhalb eines Wertschöpfungssystems werden durch Geldflüsse zwischen IT-Systemen abgebildet.

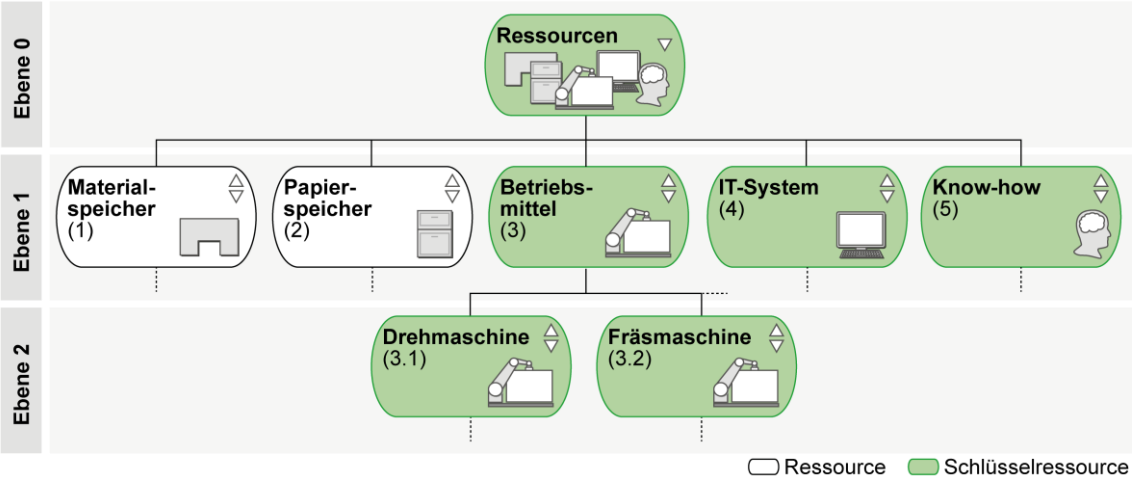

Bild 4-18: Ausschnitt der hierarchischen Gliederung für Schlüsselressourcen

Das hier eingeführte Partialmodell dokumentiert umsetzungsrelevanten Ressourcen in strukturierter, nachvollziehbarer Form. Die Beziehungen zwischen Ressourcen ermöglichen Schlussfolgerungen für essentielle Prozessfolgen und vereinfachen eine zielführende Ableitung der Ablauforganisation (vgl. Abschnitt 4.2.2.7). Die hierarchische Strukturierung von Ressourcen erleichtert die Identifikation von relevanten Kompetenzen.

4.2.2.5 Aufbauorganisation

Das **Partialmodell Aufbauorganisation** komplettiert die Modelle der taktischen Ebene eines Wertschöpfungssystems. Die Aufbauorganisation folgt dem Grundgedanken der Funktionsorientierung, wohingegen den beiden Partialmodellen Aktivitäten und Ressourcen die Prozessorientierung zugrunde liegt (vgl. Abschnitt 4.2.2.3 und Abschnitt 4.2.2.4). Sie enthält Verantwortlichkeiten und ermöglicht die Ableitung funktionsspezifischer Rollen.

Die Strukturierung der Aufbauorganisation orientiert sich an den von PORTER definierten Funktionsbereichen. Primäre Funktionsbereiche sind Eingangslogistik, Operationen, Marketing und Vertrieb, Ausgangslogistik und Kundendienst. Sie werden durch die Funktionsbereiche Unternehmensinfrastruktur, Personalwirtschaft, Technologieentwicklung und Beschaffung unterstützt (vgl. Abschnitt 2.4.1). Die definierten Funktionsbereiche verstehen sich als Orientierungshilfe und sind projekt- oder unternehmensspezifisch auszuprägen.

Das Partialmodell Aufbauorganisation dient zudem der Definition von Rollen[8] und deren Verankerung in den Funktionsbereichen. Einer Rolle werden unmittelbare Aktivitäten und Ressourcen zugeordnet (vgl. Abschnitt 4.2.2.3 und Abschnitt 4.2.2.4); die Kombination von Aktivität, Ressource und Rolle ergibt die notwendige Kompetenz (siehe Bild 4-19).

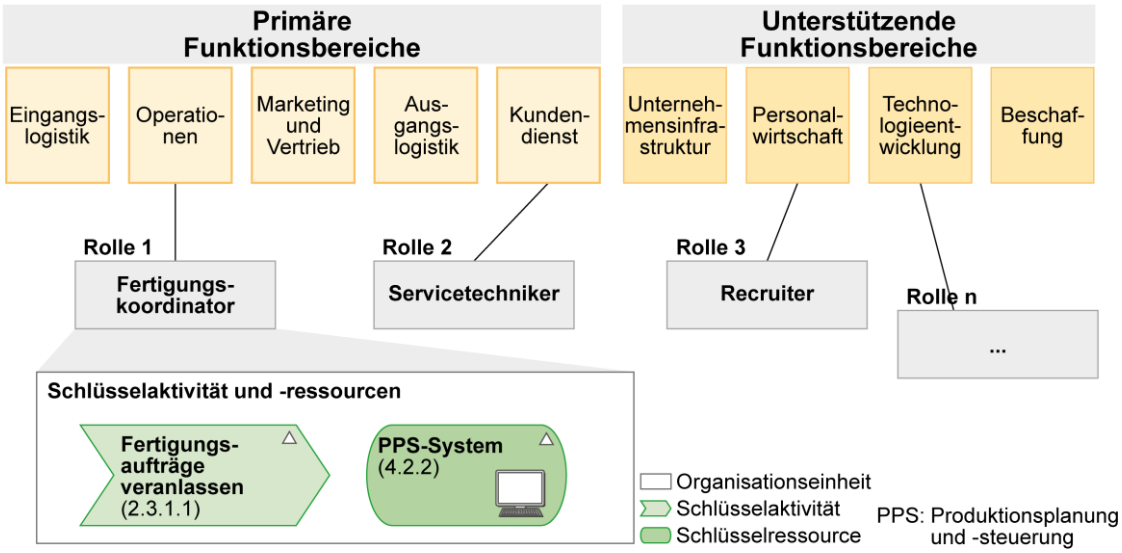

Bild 4-19: Ausschnitt der Zuordnung von Rollen zu Funktionsbereichen nach PORTER [Por14, S. 66], [PH15, S. 18f.]

[8] Im Kontext der digitalen Transformation treten neuartige, oftmals nicht vorhandene Rollentypen auf. Ein Beispiel ist ein Chief Data Officier, der die zentrale Datenerhebung und -analyse verwaltet. Sein Kompetenzprofil geht in der Regel über das der vorhandenen IT-Abteilung hinaus [PH15, S. 18f.].

Bild 4-19 zeigt beispielhaft die Verankerung von Rollen in den Funktionsbereichen. Die Rolle *Fertigungskoordinator* wird dem Funktionsbereich Operationen zugeordnet, wohingegen die Rolle *Servicetechniker* in dem Kundendienst und die Rolle *Recruiter* in dem Bereich Personalwirtschaft verantwortet werden. Die Aktivität *Fertigungsaufträge verwalten* (2.3.1.1) und die Ressource *PPS-System* (4.2.2) ergänzt beispielhaft die Rolle des Fertigungskoordinators[9]. Grundsätzlich lassen sich Rollen auch mehreren Funktionsbereichen zuordnen.

Rollen beschreiben funktionsspezifische Verantwortlichkeiten des Wertschöpfungssystems. Die Aufbauorganisation ergibt sich durch die Zuordnung von Rollen zu Funktionsbereichen. Die organisatorische Einbindung ist erfolgsentscheidend und bei der Planung des Wertschöpfungssystems zu berücksichtigen [Gad13, S. 7].

4.2.2.6 Interaktionsmodell

Das Interaktionsmodell ist Teil der operativen Ebene des Wertschöpfungssystems. Es setzt alle Akteure des Systems in Beziehung und bildet die übergeordneten, unternehmensübergreifenden Zusammenhänge ab. Die Modellierung der Interaktionen erfolgt mithilfe der definierten Konstrukte und Beziehungen (vgl. Abschnitt 4.2.1). Akteure als Wertschöpfungseinheiten werden als betrachtete Einheit, Schlüssel- oder Wertschöpfungspartner abgebildet. Die Zusatzkonstrukte ergänzen die Visualisierung um Begleitinformationen und unterstützten ein intuitives Verständnis. Das Wirkgefüge der Akteure wird durch die Beziehungen (Marktleistungs-, Informations- oder Geldfluss) spezifiziert. Verweise vermerken relevante Fähigkeiten oder besondere Risiken. Bild 4-20 zeigt ein beispielhaftes Interaktionsmodell einer einfachen Lieferantenbeziehung zwischen vier Wertschöpfungseinheiten.

Die **betrachtete Einheit**, also Kern des Wertschöpfungssystems, ist der *Hersteller*. Seine **Schlüsselpartner** sind ein *Zulieferer* seiner Vorprodukte sowie ein *Logistikdienstleister* zur Auslieferung seiner Endprodukte. Der *Kunde* leistet keinen wesentlichen Beitrag zur Wertschöpfung; er wird als **Wertschöpfungspartner** dargestellt. Die benötigten Vorprodukte werden vom Hersteller zu Endprodukten transformiert und anschließend als Marktleistung von einem Logistikdienstleister an den Kunden übergeben (**Marktleistungsfluss**). Der zwischen Hersteller und Logistikdienstleister abgestimmte Liefertermin, wird dem Kunden übermittelt (**Informationsfluss**). Der Kunde bezahlt die Rechnung beim Hersteller, der wiederum Zahlungen an den Zulieferer und Logistikdienstleister ausführt (**Geldfluss**). Durch das Single Sourcing liegt ein **Risiko** durch das Vorprodukt in Form möglicher Lieferengpässe vor.

---

[9] An dieser Stelle wird zur Veranschaulichung des Partialmodells lediglich ein Ausschnitt der Aktivitäten und Ressourcen der Rolle Fertigungskoordinator gezeigt.

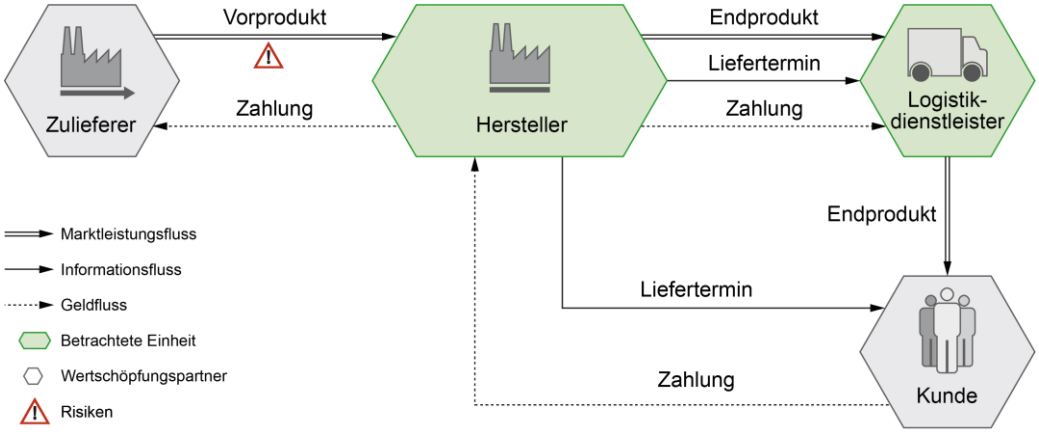

Bild 4-20: Ausschnitt aus der Spezifikation der Interaktionen innerhalb eines Wertschöpfungssystems

Mithilfe des Interaktionsmodells können erste Verbesserungspotentiale abgeleitet und potentielle Schwachstellen identifiziert werden. Das Interaktionsmodell konkretisiert die auf strategischer und taktischer Ebene erarbeitete Geschäftslogik. Zudem wird auf einfache Art und Weise ersichtlich, welche Wertschöpfungspartner von besonderer Bedeutung sind, um gegebenenfalls eine langfristige Partnerschaft einzugehen.

4.2.2.7 Ablauforganisation

Die Ablauforganisation komplettiert die operative Ebene zur Beschreibung des Wertschöpfungssystems. Hierfür werden die im Interaktionsmodell als Blackbox dargestellten Wertschöpfungseinheiten konkretisiert (vgl. Abschnitt 4.2.2.6). Die Ablauforganisation ergibt sich durch Abbildung der Aktivitäten (vgl. Abschnitt 4.2.2.3) auf die Aufbauorganisation (vgl. Abschnitt 4.2.2.5) unterstützt durch die Ressourcen (vgl. Abschnitt 4.2.2.4). Es entspricht der Zuordnung von Leistungserstellungsprozessen zu den aufbauorganisatorischen Funktionseinheiten innerhalb des Wertschöpfungssystems. Hierdurch kann die Leistungserstellung einen möglichst einfachen Weg durch die jeweilige Aufbauorganisation der Wertschöpfungseinheit nehmen und das Wertschöpfungssystems insgesamt eine einfache Ablauforganisation.

Bild 4-21 zeigt einen Ausschnitt einer Modellierung[10] einer Ablauforganisation mithilfe der Konstrukte am Beispiel einer Buchung des Wareneingangs des gelieferten Vorprodukts in das Lager des Herstellers (vgl. Abschnitt 4.2.2.6). Im nachfolgenden Beispiel werden die Anordnung und Verknüpfung von Konstrukten erläutert.

[10] Für die Modellierung der Ablauforganisation sei an dieser Stelle auf die objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA) verwiesen (vgl. Abschnitt 3.5.1.3); ergänzt um die Elemente des hier vorgestellten Sprachkonzepts (vgl. Abschnitt 4.2.1).

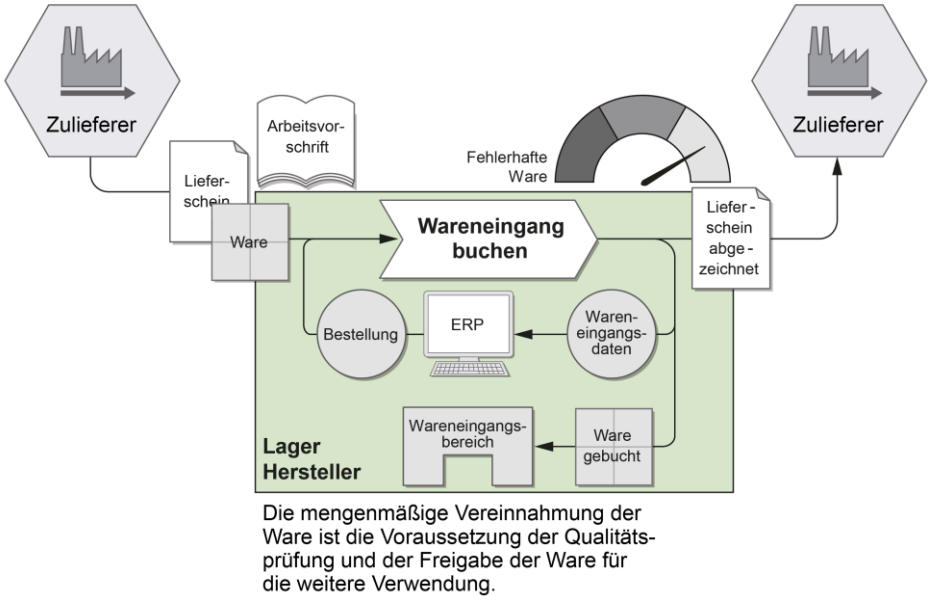

Bild 4-21: Ausschnitt aus der Spezifikation der Ablauforganisation mithilfe von OMEGA [GP14, S. 261]

Der Geschäftsprozess *Wareneingang buchen* wird von der Organisationseinheit *Lager Hersteller* verantwortet; er wird mittig in der oberen Hälfte der ausführenden Einheit positioniert. Zur Identifikation kann dem Prozess eine Ordnungszahl zugewiesen werden (vgl. Abschnitt 4.2.2.3). Die Bezeichnung der Organisationseinheit steht innerhalb des Rahmens unten links. Die Ressourcen *ERP-System* und *Wareneingangsbereich* unterstützten die Durchführung des Prozesses; sie werden im unteren Teil der Einheit platziert. Der Eingang der *Ware* (Materialobjekt) wird unter Zuhilfenahme der *Bestellung* (IT-Objekt) und des *Lieferscheins* (Papierobjekt) gebucht; Bearbeitungsobjekte werden entlang des Rahmens angeordnet. Ergänzende Informationen (z. B. Definitionen, Hinweise, Kommentare) stehen unterhalb des Rahmens. Verweise (z. B. Kennzahl *fehlerhafte Ware*) sind oberhalb der Organisationseinheit anzuordnen. Die Verknüpfung zwischen dem Zulieferer und dem Hersteller (beides Wertschöpfungseinheiten) sowie Prozessen und Ressourcen erfolgt durch Beziehungen, die als Pfeile visualisiert werden. Der Durchlauf ist von links nach rechts, sodass sich links Input- und rechts Output-Objekte befinden. In der modellierten Ablauforganisation lassen sich zudem Potentiale und Risiken kennzeichnen, die auf besondere Fähigkeiten oder Schwachstellen hinweisen.

Das Modell der Ablauforganisation ist intuitiv verständlich und über alle Ebenen eines Unternehmens hinweg flexibel einsetzbar. An diesem Beispiel wird deutlich, dass eine gleiche Notation des Partialmodells Ablauforganisation und etablierter Geschäftsprozessmodellierung sinnvoll ist, um die beiden wesentlichen Aufgabenkomplexe zu adressieren: (1) Ableitung von formalen Prozessspezifikationen für die Leistungserstellung in Wertschöpfungssystemen und (2) historisch gewachsene Abläufe veranschaulichen, um sie für eine wirkungsvolle Kooperation in Wertschöpfungssystemen zu restrukturieren.

4.2.3 Spezifikation der Vernetzung von Partialmodellen

Die Vernetzung der Partialmodelle beschreibt den logischen Zusammenhang der einzelnen Modelle (vgl. Abschnitt 4.1). Das Top-down-Vorgehen konkretisiert das Wertschöpfungssystem über die strategische, taktische und operative Ebene. Sind die Aspekte spezifiziert, ist das Wertschöpfungssystem erstmalig beschrieben (siehe Bild 4-22).

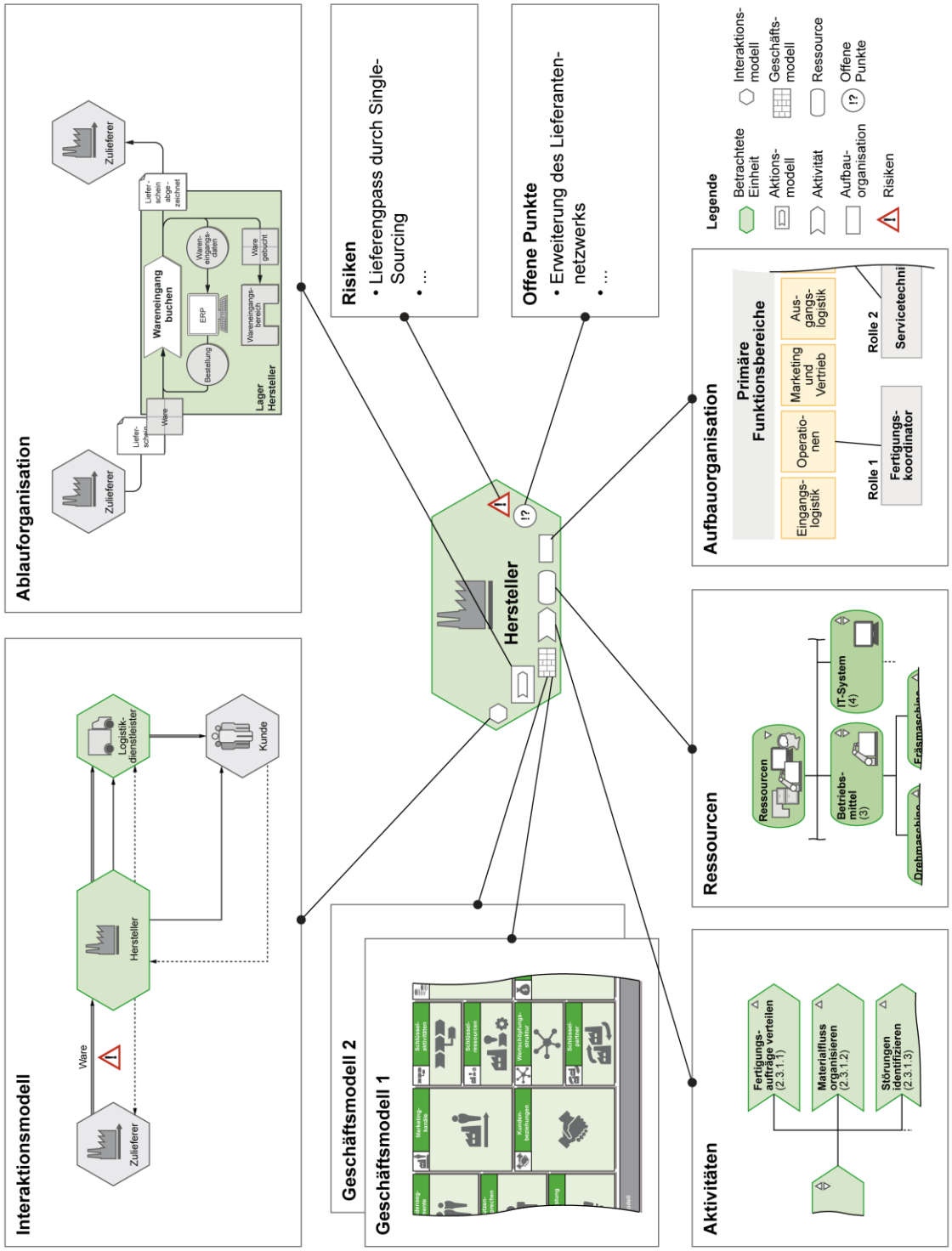

Bild 4-22: Spezifikation von Beziehungen zwischen einer Wertschöpfungseinheit des Interaktionsmodells und anderen Partialmodellen durch Verweise

Es lassen sich erste Analysen durchführen und Wechselwirkungen zwischen den Einheiten zu einem frühen Zeitpunkt erkennen. Diese stellen die Grundlage für frühzeitige und transparente Entscheidungen im Planungsgeschehen. Zudem bilden die Partialmodelle die Basis der weiteren Konkretisierung wie Transportlogistik oder Serviceerbringung.

Die Spezifikation mit Verweisen erfolgt in der Art, dass innerhalb eines Partialmodells die Grundkonstrukte durch die Piktogramme auf andere Partialmodelle verweisen. Mithilfe von Verweisen wird der Zusammenhang zwischen einer Wertschöpfungseinheit des Partialmodells *Interaktionsmodell* mit anderen Partialmodellen dargestellt. Das Piktogramm Geschäftsmodell verweist auf das zugrunde liegende Geschäftsmodelle. Eine Verknüpfung zu dem Partialmodell Aktivitäten erfolgt über einen Pfeil zu dem Partialmodell Ressourcen über ein abgerundetes Rechteck. Analog kann auf weitere Partialmodelle wie Interaktionsmodell oder Ablauforganisation verwiesen werden. Zudem werden durch Verweise z. B. auf Risiken oder offene Punkte die Grundkonstrukte konkretisiert.

4.2.4 Bildung spezifischer Sichten

Wertschöpfungssysteme bauen sich aus einer Vielzahl unterschiedlicher Wertschöpfungseinheiten (Zulieferer, Hersteller, Kunde etc.) zusammen. Vor diesem Hintergrund sind am Planungsgeschehen Akteure unterschiedlicher Funktionsbereiche beteiligt. Die Beschreibung des Wertschöpfungssystems muss die jeweils relevanten Informationen und Merkmale beinhalten, die den Aufbau und den Ablauf des Systems charakterisieren. Die Spezifikation des Wertschöpfungssystems erfolgt übergreifend durch das grundlegende Sprachkonzept (vgl. Abschnitt 4.2.1). Mit den Konstrukten werden das Wertschöpfungssystem und dessen typischen Merkmale ganzheitlich beschrieben. Verweise bringen spezifische Informationen in einen übergreifenden Zusammenhang. Zu Beginn der spezifischen Konkretisierung müssen aus der Beschreibung des Wertschöpfungssystems die typischen Merkmale und Spezifikationen für die jeweilige Sicht hergeleitet werden.

Der Aufbau und die Wirkungsweise des Wertschöpfungssystems werden durch das Interaktionsmodell und die Ablauforganisation beschrieben. Im Interaktionsmodell ermöglichen die Wertschöpfungseinheiten eine abstrakte Spezifikation der benötigten Rollen. Die Einheiten sind über Beziehungen miteinander verknüpft. Die Rolle wird während der Ausgestaltung des Systems konkretisiert und schließlich durch einen konkreten Partner eingenommen. Aus den abstrakten Spezifikationen wird sukzessive das Wertschöpfungssystem präzisiert (z. B. Anforderungen an Marktleistungsflüsse). Hierbei müssen insbesondere die Schnittstellen zwischen Wertschöpfungseinheiten berücksichtigt werden.

Das in Bild 4-23 dargestellte Interaktionsmodell spezifiziert das Zusammenwirken der Wertschöpfungseinheiten Zulieferer, Hersteller, Logistikdienstleister und Kunde.

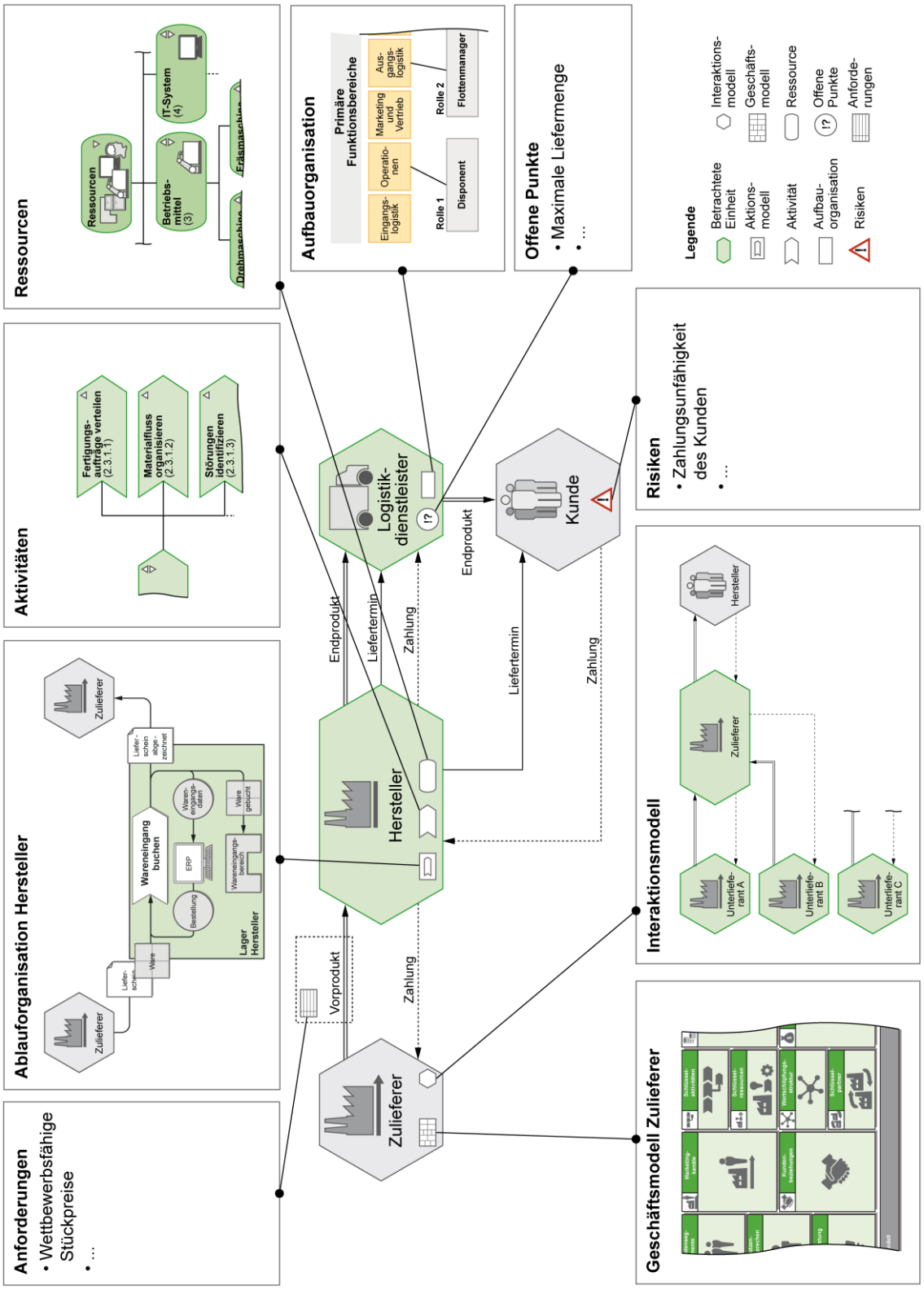

Bild 4-23: Bildung einer spezifischen Sicht am Beispiel eines Partners

Zwischen den Einheiten bestehen Leistungs-, Informations- und Finanzbeziehungen. Der Zulieferer wiederum verfolgt mit seinem spezifischen Geschäftsmodell eigene Interessen

und interagiert in seinem Wertschöpfungssystem als betrachtete Einheit. Der Marktleistungsfluss Vorprodukt vom Zulieferer zum Hersteller wird durch Anforderungen konkretisiert. Der relevante Ausschnitt der Ablauforganisation des Herstellers *Wareneingang buchen* zeigt dem Zulieferer, in welche Geschäftsprozesse er sich integrieren muss. Die Bildung spezifischer Sichten ermöglicht den beteiligten Akteuren einen höheren Informationsgehalt. Vorliegende Informationen z. B. angrenzender Prozesse bereitgestellt werden. Die Schnittstellen können auf einfache Art übergreifend spezifiziert werden.

4.3 Werkzeugunterstützung

Eine effiziente Anwendung der Modellierungssprache erfordert eine zielführende Werkzeugunterstützung. Vor diesem Hintergrund stellt die Werkzeugunterstützung einen wesentlichen Bestandteil der Spezifikationstechnik dar. Für die Anwendung der Modellierungssprache werden ein Kartenset (vgl. Abschnitt 4.3.1) für den Einsatz in Workshops während des Planungsgeschehens sowie eine Softwarelösung (vgl. Abschnitt 4.3.2) zur Steigerung der Durchgängigkeit und Wiederverwendbarkeit bereitgestellt.

4.3.1 Kartenset für Workshops

Die Modellierung von Wertschöpfungssystemen erfolgt in der Regel im Rahmen von Workshops mit Vertretern aus den involvierten Fachbereichen aller beteiligten Partner. Das Kartenset unterstützt die Moderation der Workshops (siehe Bild 4-24).

„Wir hatten ein Geschäftsmodell im Kopf. Durch die Modellierung der Wertschöpfung gewannen wir neue Einsichten in die Potentiale, Risiken und nächsten Schritte. Der Workshop hat uns sehr weitergeholfen."

Dr. Nils Faltin, Head of Innovation Labs
imc information multimedia communication AG

Bild 4-24: Anwendung des Kartenset in Workshops in Anlehnung an [GWE+17, S. 71]

Es besteht aus Papierkarten der vorgestellten Konstrukte des grundlegenden Sprachkonzepts (vgl. Abschnitt 4.2.1.1). Mithilfe der Karten wird das Interaktionsmodell schritt-

weise auf Wandtapeten (sog. Brown-Paper) modelliert. Das Modell ergänzt die Modellierung der Ablauforganisation[11]. Oftmals stimuliert die Verwendung des Kartensets die Diskussion der Teilnehmenden, sodass Zusammenhänge und Wechselwirkungen aufgezeigt und dokumentiert werden. In der Diskussion wird dadurch ein einheitliches Verständnis erzeugt. Dabei wird die Identifikation von Risiken gefördert; diese lassen sich häufig umgehend einzelnen Aktivitäten, Ressourcen, Partnern oder Beziehungen etc. zuordnen. Die intensive, interdisziplinäre Interaktion in Workshops und Integration der Teilnehmenden in die Modellerstellung steigert die Akzeptanz der Ergebnisse.

4.3.2 Softwarelösung

Die Durchgängigkeit und Wiederverwendbarkeit steigert maßgeblich die Effizienz und Effektivität bei der Modellierung des Wertschöpfungssystems. Entscheidend ist, die richtigen Informationen zur richtigen Zeit zur Verfügung zu stellen. Vor diesem Hintergrund eignet sich der Einsatz leistungsfähiger Softwarelösungen, die den Anwendenden bei der Spezifikation des Wertschöpfungssystems assistieren. Die prototypische Umsetzung erfolgte durch eine webbasierte Anwendung und durch eine ergänzende Integration in ein professionelles Product-Lifecycle-Management-System [GWE+17, S. 77ff.]. Der konzeptionelle Aufbau ist bei beiden Prototypen weitestgehend identisch (siehe Bild 4-25). Er wird im Folgenden anhand der webbasierten Anwendung erläutert.

Bild 4-25: Konzeptioneller Aufbau des Moduls Wertschöpfungssystementwurf in Anlehnung an [GWE+17, S. 82]

Die **webbasierte Anwendung** ist als Modul in das Instrumentarium zur musterbasierten Entwicklung von Geschäftsmodellen[12] integriert und unterstützt die Anwendenden bei

[11] Für die Modellierung der Ablauforganisation werden zudem die Moderationstechniken von OMEGA eingesetzt [GP14, S. 268ff.].

[12] Das Instrumentarium zur musterbasierten Entwicklung von Geschäftsmodellen umfasst insgesamt vier Module: Geschäftsideenfindung, Geschäftsmodellentwicklung, Geschäftsmodelladaption und Wertschöpfungssystementwurf. Es steht online zur Verfügung (http://www.geschaeftsmodelle-i40.de) [GWE+17, S. 77ff.].

der Planung des Wertschöpfungssystems. Die Partialmodelle der strategischen oder taktischen Ebene sind die Eingangsgrößen – der **Input** – für die Softwarelösung. Die **webbasierte Anwendung** stellt den Anwendenden die Konstrukte zur Modellierung des Systems bereit. Per Drag-and-drop werden sie auf der Zeichenfläche platziert und über die Beziehungen miteinander verbunden. Ergebnis des Moduls ist das Interaktionsmodell, in dem beispielsweise einzelne Wertschöpfungseinheiten modelliert und verknüpft sind. Der **Output** kann in der Datenbank gespeichert und als universelles Dateiformat (z. B. Portable Document Format – kurz: PDF) ausgeleitet werden [GWE+17, S. 77ff.].

Die integrative Betrachtung von Geschäft, Marktleistung und Leistungserstellung ist fester Bestandteil der strategischen Planung. Vor diesem Hintergrund erfolgte eine ergänzende, prototypische Integration in das **Product-Lifecycle-Management-System** von Contact Software[13]. Als Teil der Plattform für Standardprodukte Contact Elements interagiert die Anwendung mit anderen Bausteinen der Plattform z. B. dem Innovationsmanagement sowie dem Prozess- und Projektmanagement in der Produktentstehung. Hierdurch wird die Durchgängigkeit von Informationen sowie die Weiter- und Wiederverwendung von Modellen sichergestellt [Con17a-ol], [GWE+17, S. 83ff.]. Die Softwarelösung verfügt über eine graphische Benutzungsschnittstelle. Bild 4-26 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der Benutzungsoberfläche am Beispiel des Interaktionsmodells.

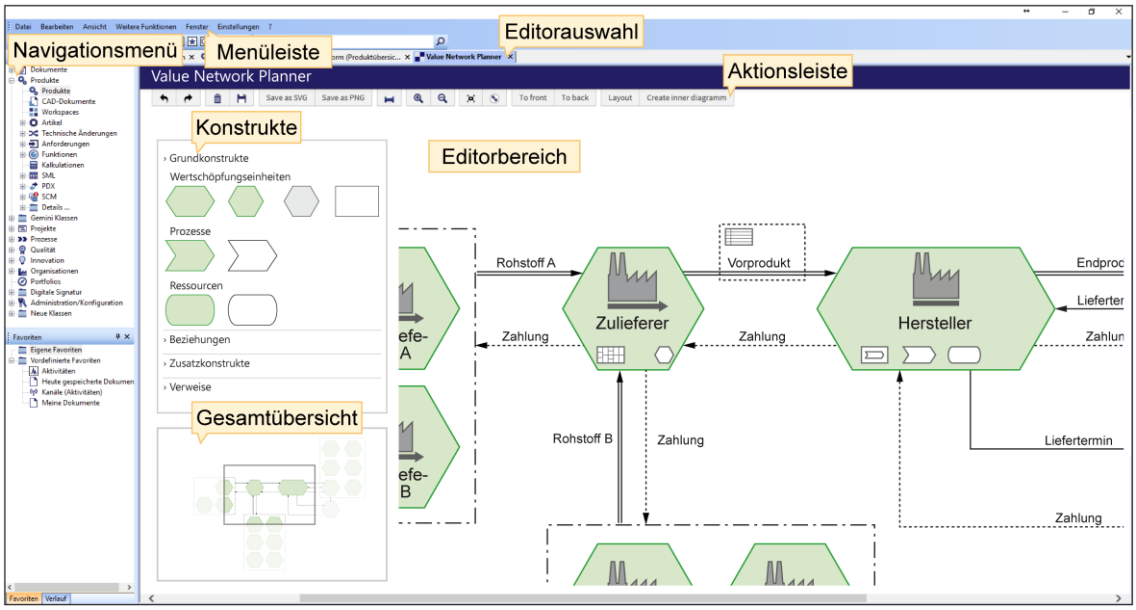

Bild 4-26: Screenshot aus der Softwarelösung

Die **Menü-** und **Aktionsleiste** am oberen Bildschirmrand ist vergleichbar mit etablierten Anwendungen (z. B. Microsoft Office). Sie enthält Schaltflächen zum Speichern, Ver-

[13] Contact Software wurde 1990 gegründet und ist ein unabhängiger Anbieter von Standardsoftware für den Produktentstehungsprozess und die digitale Transformation [Con17b-ol].

größern und Verkleinern, Rückgängigmachen etc. Zudem können weitere Modelle entsprechend der Hierarchieebene erzeugt werden (vgl. Abschnitt 4.2.1.4 und Abschnitt 4.2.4). Das **Navigationsmenü** stellt die projektrelevanten Daten in einer Baumstruktur dar. Die **Gesamtübersicht** ermöglicht das Navigieren zu nicht angezeigten Bereichen; sie dient als Orientierungshilfe bei komplexen Modellen. Im **Editorbereich** werden die Partialmodelle bearbeitet. Per Drag-and-drop werden die **Konstrukte** in dem Bereich positioniert. Durch die angezeigten Register der **Editorauswahl** wird zwischen mehreren geöffneten Modellen gewechselt.

4.4 Vorgehensmodell

Das Vorgehen zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen ist ein wesentlicher Bestandteil der Spezifikationstechnik. Es ergänzt die Modellierungssprache (vgl. Abschnitt 4.2) und die Werkzeugunterstützung (vgl. Abschnitt 4.3). Das Vorgehensmodell unterstützt die Spezifikation des Wertschöpfungssystems, indem es die durchzuführenden Aufgaben beschreibt und den Einsatz der Partialmodelle und Werkzeuge steuert. Abschnitt 4.4.1 führt zunächst in das Arbeiten mit den Partialmodellen ein. Es werden unterschiedliche Startpunkte bei der Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen vorgestellt. Abschnitt 4.4.2 beschreibt darauf aufbauend das Vorgehen zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen.

4.4.1 Arbeiten mit den Partialmodellen

Die Partialmodelle (vgl. Abschnitt 4.2.2) werden während des gesamten Planungsgeschehens sukzessive im Wechselspiel erarbeitet. Jedes Partialmodell kann ein möglicher Startpunkt für die Planung des Wertschöpfungssystems sein. Sie können bspw. auf einem Erfolg versprechenden Geschäftsmodell oder einer Geschäftsprozessoptimierung basieren. Die Wahl des Startpunkts und die Festlegung der Bearbeitungsreihenfolge bestimmen den grundlegenden Zweck der Beschreibung und Analyse des Wertschöpfungssystems. Grundsätzlich dienen Wertschöpfungssysteme der Erbringung von Marktleistungen (vgl. Abschnitt 2.4). Vor diesem Hintergrund werden vier **idealtypische Startpunkte** für die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen unterschieden: Geschäftsmodellgetrieben, Kompetenzgetrieben, Kooperationsgetrieben und Prozessgetrieben (siehe Bild 4-27).

Die **geschäftsmodellgetriebene** Beschreibung und Analyse beginnt auf der strategischen Ebene des Wertschöpfungssystems. Anstoß gibt die Operationalisierung eines neuen Geschäftsmodells. Auf taktischer Ebene werden Anforderungen, benötigte Aktivitäten und Ressourcen sowie erforderliche Rollen in der Aufbauorganisation abgeleitet. Anschließend werden die Interaktionen und Abläufe auf operativer Ebene konkretisiert. Die **kompetenzgetriebene** Beschreibung und Analyse identifiziert zunächst eine besondere Kompetenz (Kombination aus Aktivität, Ressource und Rolle) als Gestaltungshebel des Wertschöpfungssystems. Diese stößt anschließend die integrative Entwicklung von Geschäfts-

und Interaktionsmodell sowie Ablauforganisation an. Kern der **kooperationsgetriebenen** Beschreibung und Analyse ist die horizontale Integration von Partnern innerhalb eines Wertschöpfungssystems; sowohl unternehmensintern als auch übergreifend. Die **prozessgetriebene** Beschreibung und Analyse adressiert die Gestaltung und Verbesserung von Geschäftsprozessen. Ausgangspunkt ist eine historisch gewachsene Ablauforganisation sowie die Interaktionen mit bestehenden Partnern. Darauf aufbauend werden Nutzenpotentiale auf operativer (z. B. Prozessverbesserungen), taktischer (z. B. besondere Kompetenzen) und strategischer Ebene (z. B. neue Geschäftsmodelle) abgeleitet.

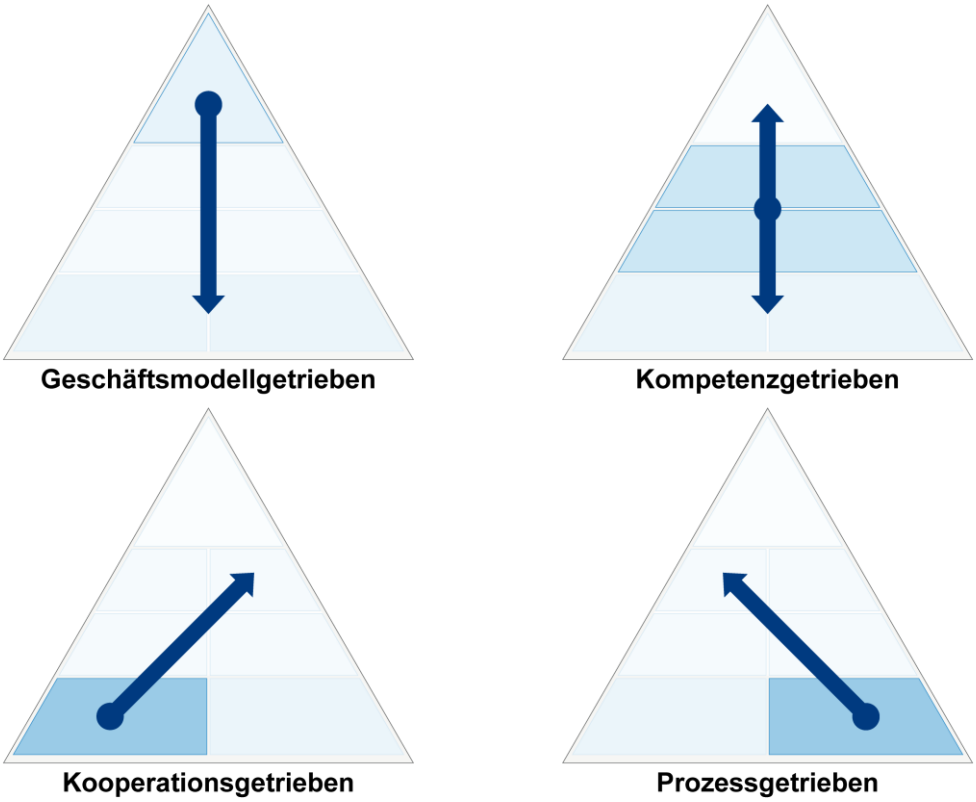

Bild 4-27: Idealtypische Startpunkte für die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen

4.4.2 Vorgehensmodell zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen

Das Vorgehensmodell unterstützt die Anwendung der Spezifikationstechnik. Grundsätzlich erfolgt dies in vier Phasen: Entwurf, Formalisierung, Review und Freigabe (siehe Bild 4-28). Das Vorgehen ist idealtypisch, wobei der Entwurf startpunktspezifisch ausgeprägt wird (vgl. Abschnitt 4.4.1). In der Praxis wird es durch Iterationen und Rücksprünge geprägt; diese sind zur Steigerung der Modellgüte ausdrücklich erwünscht.

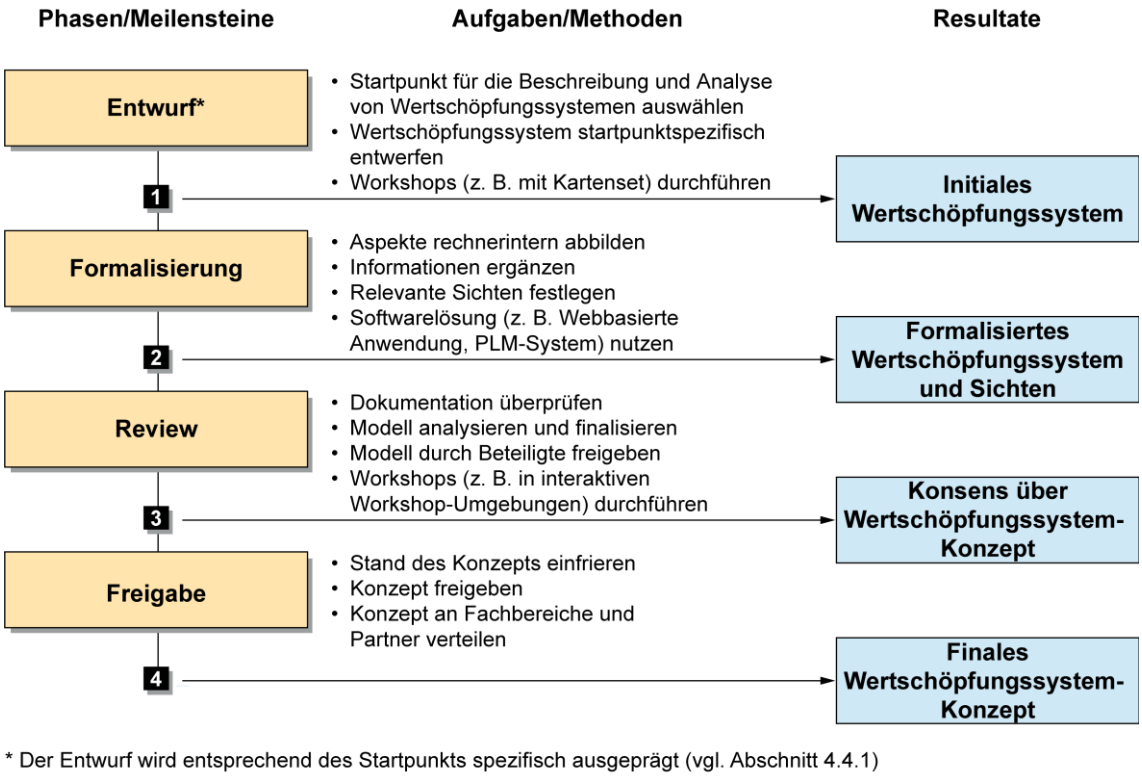

Bild 4-28: Vorgehensmodell zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen am Beispiel der geschäftsmodellgetriebenen Anwendung

Im Folgenden wird das Vorgehen am Beispiel der geschäftsmodellgetriebenen Anwendung gezeigt (vgl. Abschnitt 4.4.1). Das Vorgehen für die kompetenz-, kooperations- und prozessgetriebene Anwendung unterscheidet sich in der Anwendungsreihenfolge der Partialmodelle während der Entwurfsphase (vgl. Anhang A1.3 bis Anhang A1.5).

Entwurf

Das Vorgehen setzt grundsätzlich in der Strategischen Planung an und adressiert die integrative Planung von Geschäftsmodell und Wertschöpfungssystem. Durch die eingeführten Partialmodelle wird eine differenzierte projektspezifische Systembetrachtung auf strategischer, taktischer und operativer Ebene ermöglicht[14] (vgl. Abschnitt 4.4.1). Die Spezifikation des Wertschöpfungssystems erfolgt im Rahmen bereichsübergreifender Workshops. Innerhalb der Workshops sind verschiedene Fachexperten beteiligt. Die Zusammensetzung variiert je nach Anwendungskontext (z. B. Anzahl an Fachexperten, Vielfalt der Bereiche). Vor diesem Hintergrund soll zunächst ein grundlegendes Verständnis bei allen Beteiligten geschaffen werden. Zu Beginn ist der *Startpunkt auszuwählen* und das *Wertschöpfungssystem* entsprechend *startpunktspezifisch zu entwerfen*. Das Vorgehen folgt der Bearbeitungsreihenfolge des gewählten Startpunkts.

[14] An dieser Stelle wird das Vorgehen vom Groben zum Detail erläutert; von der strategischen über die taktische bis zur operativen Ebene.

Bei der geschäftsmodellgetriebene Anwendung[15] handelt es sich um ein Top-down-Vorgehen, bei dem das Arbeiten mit den Partialmodellen von der strategischen über die taktische bis zur operativen Ebene erfolgt (siehe Bild 4-29). Ein wichtiges Konzept beim Arbeiten mit den Partialmodellen sind Leitfragen. Sie unterstützen systematisch die Beschreibung und Analyse des Wertschöpfungssystems abhängig vom jeweiligen Startpunkt. Die prinzipiellen Leitfragen sollen ein einheitliches Verständnis und strukturiertes Vorgehen beim Arbeiten mit den Partialmodellen schaffen.

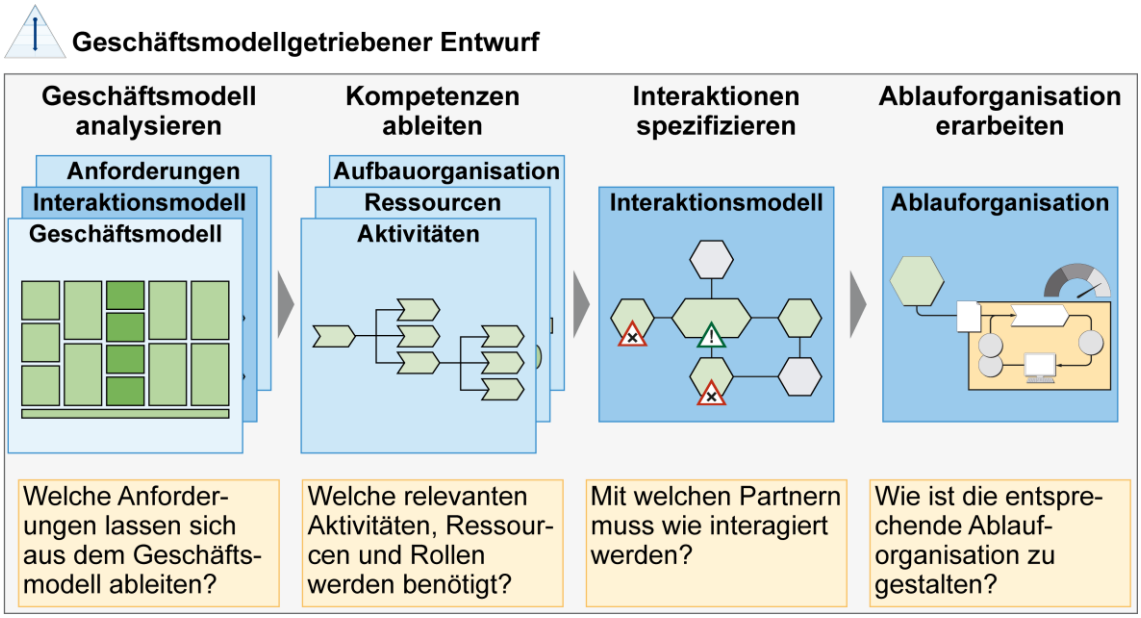

Bild 4-29: Beispiel für das Arbeiten mit den Partialmodellen inklusive prinzipieller Leitfragen in Anlehnung an [KSG17, S. 111ff.]

Zu Beginn eines Workshops wird das *Geschäftsmodell*[16] *analysiert.* Geeignetes Hilfsmittel ist eine Business Model Canvas (vgl. Abschnitt 4.2.2.1); in komprimierter Form vermittelt sie allen Teilnehmenden ein Grundverständnis über die zugrundeliegende Geschäftslogik. Zudem hilft ein initiales Interaktionsmodell (vgl. Abschnitt 4.2.2.6), um Wechselwirkungen zwischen beteiligten Wertschöpfungspartnern zu visualisieren. Sofern noch nicht eingeführt, werden an dieser Stelle das grundlegende Sprachkonzept (vgl. Abschnitt 4.2.1), das Kartenset (vgl. Abschnitt 4.3.1) und das Vorgehen vorgestellt; oftmals genügen eine Kurzeinführung der Partialmodelle und Vorstellung der Konstrukte.

[15] Das Arbeiten mit den Partialmodellen inklusiver prinzipieller Leitfragen für die kompetenz-, kooperations- und prozessgetriebene Anwendung befindet sich im Anhang A1.3 bis A1.5.

[16] Ausschließlich aus Gründen der Verständlichkeit wird die singuläre Form Geschäftsmodell verwendet. An dieser Stelle ergibt sich jedoch ein herausragendes Potential für die Ausnutzung von Synergiepotentialen mehrerer Geschäftsmodelle mit einem entsprechenden Wertschöpfungssystem.

Mit den Ergebnissen der Analyse werden die für die Leistungserstellung relevanten *Kompetenzen abgeleitet*[17]. Unter Verwendung der Partialmodelle werden Schlüsselaktivitäten (vgl. Abschnitt 4.2.2.3) und Schlüsselressourcen (vgl. Abschnitt 4.2.2.4) ermittelt sowie die Aufbauorganisation (vgl. Abschnitt 4.2.2.5) bestimmt (z. B. benötigte Rollen). Zudem werden *Interaktionen* zwischen Wertschöpfungseinheiten *spezifiziert*; mithilfe der Konstrukte wird ein Interaktionsmodell aufgestellt (vgl. Abschnitt 4.2.2.6). Anschließend erfolgt eine Zuordnung relevanter Kompetenzen zu Wertschöpfungseinheiten. Eine Bewertung der strategischen Relevanz der ermittelten Kompetenzen sowie des Kompetenzgrads ermöglichen die Eingrenzung des Betrachtungsbereichs auf operativer Ebene, indem die Wertschöpfungstiefe innerhalb des Wertschöpfungssystems bestimmt wird [KSG17, S. 103ff.]. Anschließend wird die *Ablauforganisation erarbeitet* (vgl. Abschnitt 4.2.2.7). Hierfür werden die Wertschöpfungseinheiten (inkl. der zugehörigen Organisationseinheiten) zu Aktivitäten und Ressourcen zugeordnet und konkretisiert.

Die Schritte werden so oft durchlaufen, bis die involvierten Fachexperten alle wesentlichen Informationen als abgebildet ansehen. Auf diese Weise werden die einzelnen Partialmodelle abgebildet. Die Erarbeitung des Partialmodells Anforderungen erfolgt fortlaufend parallel. Das Ergebnis der Entwurfsphase ist ein *initiales Wertschöpfungssystem*. Dieses enthält alle relevanten Ergebnisse vom Geschäftsmodell bis hin zu dem Interaktionsmodell und der Ablauforganisation. Die gemeinschaftliche Erarbeitung steigert die Akzeptanz des Ergebnisses und integriert erforderliche Fachexperten von Beginn an in den Prozess [Kai14, S. 122.], [SMM+13, S. 143].

Formalisierung

Im Rahmen der zweiten Phase erfolgt die Formalisierung des initialen Wertschöpfungssystems; dieses wird in der Regel im Rahmen von Workshops papierbasiert modelliert. Zentrales Hilfsmittel für die rechnerinterne Abbildung der Aspekte ist eine Softwarelösung (vgl. Abschnitt 4.3.2). Entsprechend der Anforderungen kann zwischen der webbasierten Anwendung oder dem PLM-System ausgewählt werden. Mithilfe der ausgewählten Werkzeugunterstützung werden anschließend die *Aspekte rechnerintern abgebildet*. Die Konstrukte werden per Drag-and-drop in dem Editorbereich platziert, mit Beziehungen verknüpft und anhand von Zusatzkonstrukten sowie Verweisen konkretisiert (vgl. Abschnitt 4.2). Liegen trotz intensiver Bearbeitung in der Entwurfsphase nicht alle *Informationen* vor, werden diese während der Formalisierung *ergänzt*. Redaktionelle Änderung kann der Modellersteller eigenständig ohne Abstimmung vornehmen, wohingegen inhaltliche Anpassungen mit den beteiligten Fachexperten abzustimmen sind. Des Weiteren werden *relevante Sichten festgelegt* und ausgeleitet. Sie dienen der ausführlichen Abstimmung mit einzelnen Fachbereichen. Ergebnis dieser Phase ist ein *formalisiertes Wertschöpfungssystem* und *Sichten*.

---

[17] Lediglich zur Vereinfachung werden auf taktischer Ebene die Partialmodelle Aktivitäten, Ressourcen und Aufbauorganisation zu Kompetenzen zusammengefasst (vgl. Abschnitt 4.1).

Review

Das Review erfolgt auf Basis des formalisierten Modells des Wertschöpfungssystems. In Workshop beurteilen die an der Modellerstellung beteiligten Fachexperten die Güte des modellierten Wertschöpfungssystems und *überprüfen* die *Gesamtdokumentation*. Zentrale Fragestellung dabei ist, ob das Wertschöpfungssystem alle relevanten Aspekte (z. B. des Geschäftsmodells) abbildet und der Informationsgrad für die weitere Umsetzung ausreicht. Zudem reflektieren die beteiligten Fachexperten, ob das Modell den Erwartungen und Vorstellungen entspricht sowie die Inhalte und Informationen verständlich vermittelt. Durch eine bedarfsorientierte *Analyse* des *Modells* können der Informationsgrad gesteigert, Schwachstellen gekennzeichnet, Verbesserungspotentiale identifiziert und Maßnahmen zur *Finalisierung* hinterlegt werden. Im Rahmen der Anwendung konnte nachgewiesen werden, dass durch Diskussionen in den frühen Phasen ein einheitliches Verständnis des Wertschöpfungssystems erarbeitet werden konnte. In der Konsequenz waren deutlich weniger Iterationsschleifen erforderlich und die involvierten Experten haben einen *Konsens* über das *Wertschöpfungssystem* erzielt. Die Erfahrung zeigt, dass sich für das Review interaktive Workshop-Umgebungen anbieten. In virtuellen Arbeitsumgebungen können Fachexperten gemeinsam Anpassungen vornehmen und deren Auswirkungen betrachten und diskutieren; hierdurch wird die Effektivität und Effizienz signifikant gesteigert. Ein Beispiel ist das SE Live Lab des Fraunhofer-Instituts für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, welches als Anwender- und Transferzentrum neuste Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung technischer Systeme anbietet [GWE+17, S. 76].

Freigabe

Gegenstand der letzten Phase ist die Freigabe des Wertschöpfungssystem-Konzepts. Dafür wird der aktuelle *Stand des Konzepts eingefroren*; es sind keine weiteren Änderungen mehr zulässig. Dieser Stand wird dem Entscheidungsgremium vorgestellt. Dieses überprüft das Konzept hinsichtlich Strategiekonformität (z. B. Abhängigkeit von einzelnen Partnern). Eine zufriedenstellende Bewertung mündet in einem *freigegebenen Modell*; das Konzept wird zur weiteren Operationalisierung an die *Fachbereiche* und *beteiligten Partner verteilt*. Ergebnis ist ein *finales Wertschöpfungssystem-Konzept*.

5 Anwendung und Bewertung

In diesem Kapitel wird die *Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen* anhand verschiedener Validierungsprojekte aus der Praxis demonstriert. Der **Abschnitt 5.1** adressiert die geschäftsmodellgetriebene Anwendung der Spezifikationstechnik am Beispiel einer Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs. **Abschnitt 5.2** zeigt weitere Anwendungen der hier vorgestellten Spezifikationstechnik mit unterschiedlichen Schwerpunkten: die kompetenzgetriebene Anwendung (vgl. Abschnitt 5.2.1), die kooperationsgetriebene Anwendung (vgl. Abschnitt 5.2.2) und die prozessgetriebene Anwendung (vgl. Abschnitt 5.2.3). Schwerpunkt der Validierung bildet dabei die Entwurfsphase des Vorgehensmodells zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen (vgl. Abschnitt 4.4.2). Aus Geheimhaltungsgründen werden die Ergebnisse zum Teil stark vereinfacht dargestellt. Bild 5-1 zeigt eine Übersicht über die Validierungsprojekte. Abschließend erfolgt in **Abschnitt 5.3** eine Bewertung der Spezifikationstechnik. Dazu werden Erfahrungen aus der praktischen Anwendung vorgestellt (vgl. Abschnitt 5.3.1) und die Spezifikationstechnik anhand der in Kapitel 2 formulierten Anforderungen bewertet (vgl. Abschnitt 5.3.2).

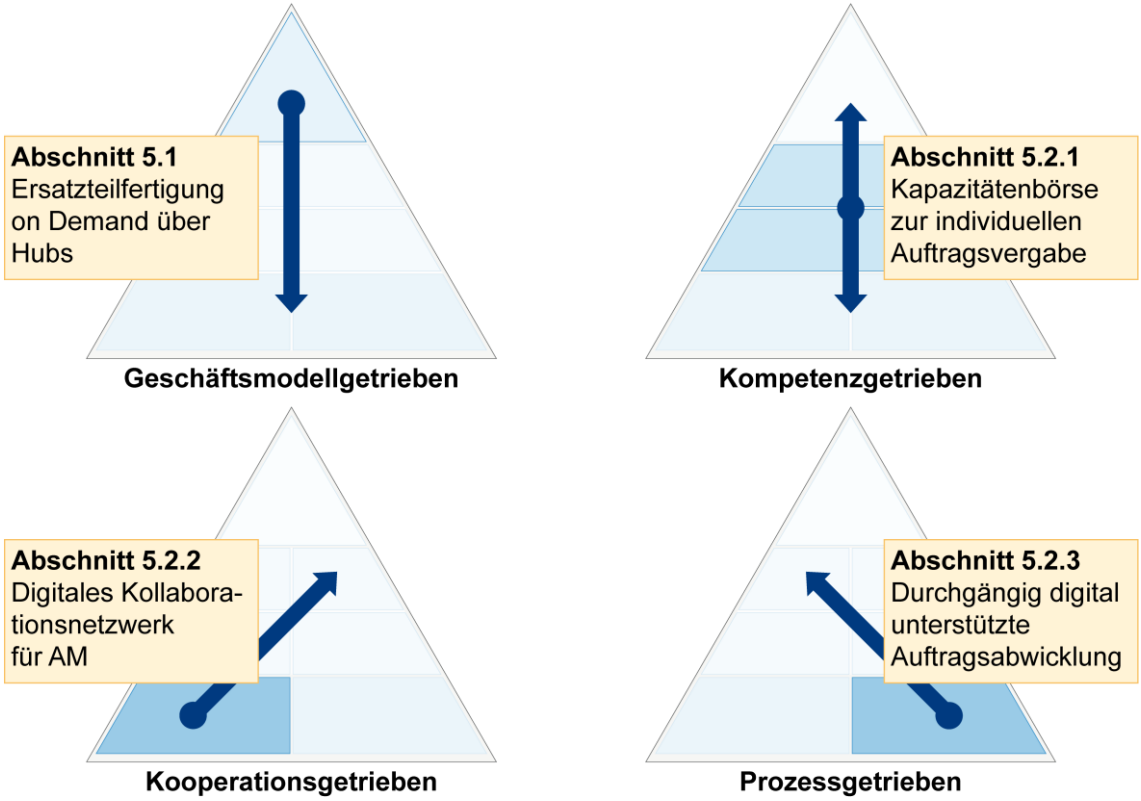

Bild 5-1: Übersicht der Validierungsprojekte anhand der idealtypischen Startpunkte (vgl. Abschnitt 4.4.1)

5.1 Geschäftsmodellgetriebene Anwendung

Die geschäftsmodellgetriebene Anwendung der Spezifikationstechnik erfolgt im Rahmen eines Validierungsprojekts mit einem produzierenden Unternehmen aus dem Bereich Haushaltsgeräte. Ausgangssituation bei dem Hersteller für Haushaltsgeräte war das neue Geschäftsmodell **Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs**[1]. Kern dabei ist die bedarfsgerechte Fertigung von Ersatzteilen durch zertifizierte Fertigungsdienstleister. Ausgangspunkt ist ein defektes Kundengerät. Der Kundendienst meldet den spezifischen Ersatzteilbedarf beim Hersteller. Ist das benötigte Ersatzteil nicht vorrätig, wird es durch einen zertifizierten Fertigungsdienstleister (sog. Hub) mittels additiver Fertigungstechnologien[2] hergestellt. Die Distribution der benötigten Daten (z. B. 3D-CAD-Daten) erfolgt vom Hersteller an den Hub. Das gefertigte Ersatzteil wird von einem Logistikpartner an den Kundendienst geliefert und von diesem beim Kunden vor Ort verbaut (siehe Bild 5-2) [KSG17, S. 103ff.].

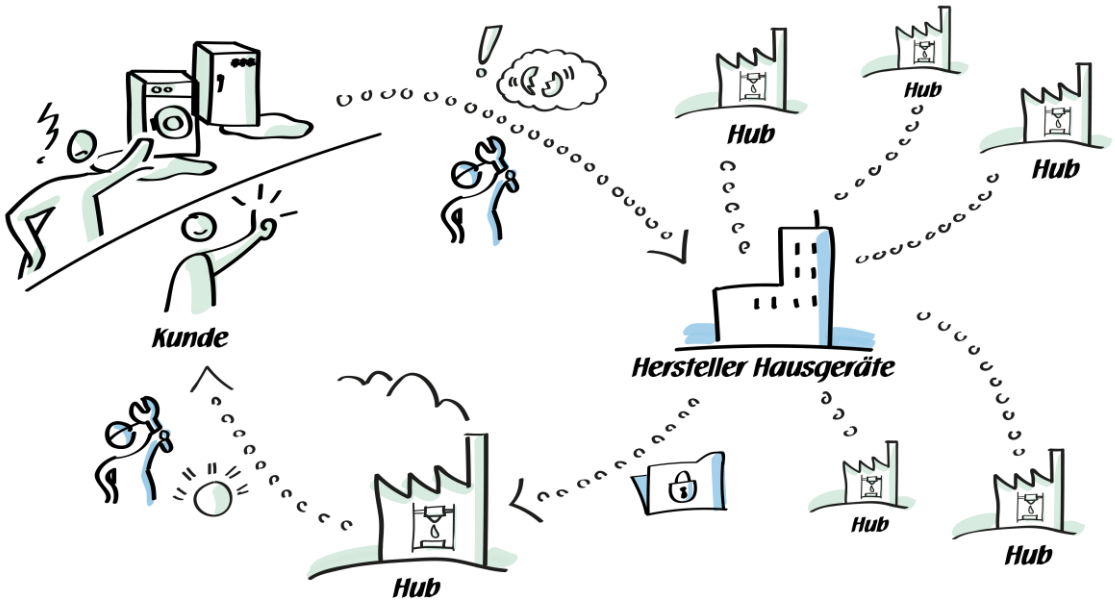

Bild 5-2: Ideenskizze Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs

Entlang der anwendungsfallspezifisch ausgeprägten Entwurfsphase wird nachfolgend gezeigt, wie die einzelnen Partialmodelle sukzessive über die strategische, taktische und operative Ebene hinweg erarbeitet und vernetzt werden: Geschäftsmodell analysieren, Kompetenzen ableiten, Interaktionen spezifizieren und Ablauforganisation erarbeiten (vgl. Abschnitt 4.4.2).

---

[1] In diesem Zusammenhang wird ein zertifizierter Fertigungsdienstleister als Hub bezeichnet.

[2] Einen Überblick über das Technologiefeld Additive Fertigung gibt Anhang A1.2.

Geschäftsmodell analysieren

Ausgangspunkt der Anwendung ist die ausgefüllte Business Model Canvas für das Geschäftsmodell Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs[3]. Die darin enthaltenen Informationen bilden die Grundlage für die Spezifikation des Wertschöpfungssystems und werden schrittweise in die Partialmodelle überführt. Aus diesem Grund wird zunächst die *Business Model Canvas analysiert* (vgl. Abschnitt 4.2.2.1). Von besonderer Bedeutung sind die dokumentierten Schlüsselaktivitäten, -ressourcen und -partner (siehe Bild 5-3).

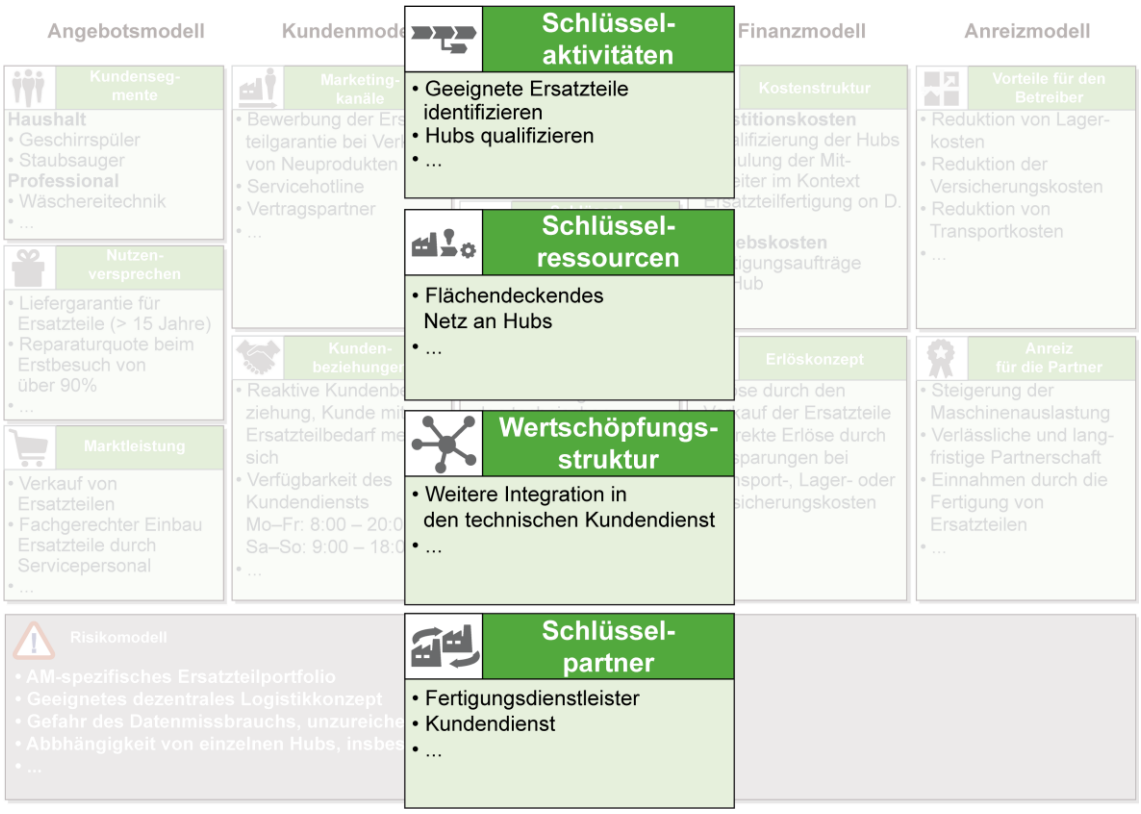

Bild 5-3: Geschäftsmodell für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (Ausschnitt) in Anlehnung an [KSG17, S. 120]

Mithilfe der definierten Konstrukte (vgl. Abschnitt 4.2.1) wird ein *initiales Interaktionsmodell aufgestellt*[4]. Der Hersteller Hausgeräte wird durch die betrachtete Einheit abgebildet. Der Hersteller interagiert mit den beiden Schlüsselpartnern; einem Fertigungsdienstleister und dem Kundendienst. Der Kunde wird durch einen Wertschöpfungspartner visualisiert. Dieser meldet den Schadensfall an den Hersteller (Informationsfluss). An-

---

[3] Der Auswahl des Geschäftsmodells liegen Workshops sowie Technologie, Markt- und Trendanalysen zu Grunde. Diese Schritte sind nicht Gegenstand der Anwendung der hier vorgestellten Spezifikationstechnik.

[4] An dieser Stelle wird ein initiales Interaktionsmodell aufgestellt; es dient einer ersten Analyse von Wechselwirkungen zwischen in der Business Model Canvas beschriebenen Wertschöpfungseinheiten.

schließend wird dem Fertigungsdienstleister ein Fertigungsauftrag erteilt und die benötigten 3D-CAD-Daten übermittelt. Zudem erhält der Kundendienst einen Serviceauftrag. Der Fertigungsdienstleister sendet das gefertigte Ersatzteil an den Kundendienst (Marktleistungsfluss). Nach erfolgreicher Reparatur erfolgt die Zahlung vom Kunden an den Hersteller (Geldfluss) (siehe Bild 5-4). Aus der Business Model Canvas werden zudem Risiken abgeleitet und den Elementen des Interaktionsmodell zugeordnet. Ein gravierendes Risiko liegt in einer unzureichenden Datenverschlüsselung bei der Datenübermittlung an den Fertigungsdienstleister. Den hohen Qualitätsanforderungen des Herstellers stehen fehlende Qualifizierungen der Fertigungsdienstleister entgegen. Des Weiteren ist das derzeitige Logistikkonzept unzureichend; die dezentrale Ersatzteilfertigung on Demand erfordert ein ausgeklügeltes Logistikkonzept, um die Reparatur des defekten Geräts nicht zu verzögern (z. B. durch Falschlieferung des Ersatzteils).

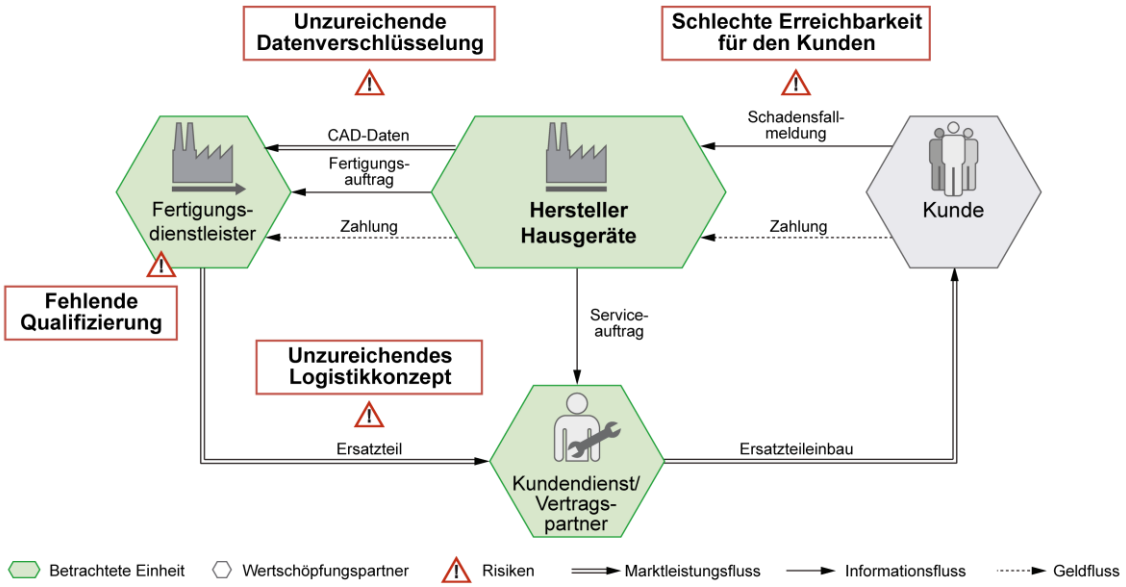

Bild 5-4: Initiales Interaktionsmodell für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (vereinfachte Darstellung) [SDG+17], S. 8]

Die dokumentierten Ergebnisse sind essentielle Eingangsinformationen, um Anforderungen an das *Wertschöpfungssystem abzuleiten*. Diese werden in einer Anforderungsliste dokumentiert (vgl. Abschnitt 4.2.2.2) und fortlaufend ergänzt. Das Risiko „unzureichende Datenverschlüsselung“ mündet unter anderem in einer Anforderung „Verschlüsselte Übertragung mit AES-256[5]“. Aus dem Risiko fehlende Qualifizierung der Fertigungsdienstleister wird die Anforderung „Qualifizierung Hub nach DIN EN ISO

[5] Advanced Encryption Standard (AES) ist ein modernes Verschlüsselungsverfahren. Es wurde in einem öffentlichen Prozess entwickelt und wird stetig von Experten auf Schwachstellen untersucht [BSI17-ol].

9001[6]“. Ferner lassen sich aus den weiteren Elementen der Business Model Canvas ergänzende Anforderungen identifizieren. Bild 5-5 zeigt einen Ausschnitt der Anforderungsliste für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs.

Anforderungsliste: Wertschöpfungssystem
Stand: 10. August 2017

Nr.	Anforderungen	F/W	Wert			Einheit	Funktions-bereich	Verant-wortung	Verweis
			min./von	exakt	max./bis				
AN1	Leistungsbezogen								
AN1.1	Bedarfsgerechte Fertigung von Ersatzteilen	F		1		Stück/ Anfrage	Fertigung, Logistik	extern	(R5.1.2.
AN1.2	Bedarfsgerechte Nachbearbeitung von Ersatzteilen	F					Fertigung	extern	(R5.1.2.
AN1.3	Overnight-Versand zum Kundendienst	W	18:00		4:00	Uhr	Logistik, Fertigung, Kundendienst	intern/ extern	
AN1.4	Liefergarantie für Ersatzteile	F		15		Jahre	Fertigung, Logistik	Intern	
AN1.5	Reperaturquote beim Erstversuch	F	90			%	Kundendienst	extern	
AN1.6	Personal zur Klärung von Rechtsfragen	F					Human Resource Management	intern	(R5.1
AN1.7	Vertragliche Absicherung von Nutzungsrechten	F					Vorentwicklung, Entwicklung	intern	(R5.1
AN1.8	Neuzulassung AM-spezifisch konstruierter Ersatzteile	F					Qualitäts-sicherung	intern	(R5.2
AN1.9	Ersatzteilhöhe	F			500	mm	Entwicklung		(A6.1.2 (R5.3)
AN1.10	Ersatzteilbreite	F			500	mm	Entwicklung		(A6.1.2 (R5.3)
AN1.11	Ersatzteiltiefe	F			650	mm	Entwicklung		(A6.1.2) (R5.3)
AN1.12	Ersatzteilgewicht	F			500	g	Entwicklung		(A6.1.2) (R5.3)
AN1.13	Werkstoffe	F		Kunst-stoff			Entwicklung		(A6.1.2) (R5.3)
	...								
AN2	Kommunikations-bezogen								
AN2.1	Betreiben einer Service-Hotline	F					Kundendienst	extern	
AN2.2	Bewerbung der Ersatzteilgarantie beim Neukauf von Produkten	W		15		Jahre	Marketing	intern	
AN2.3	Hohe Erreichbarkeit des Kundendiensts für den Kunden	W	8:00		20:00	Uhr	Kundendienst	extern	
	...								
AN3	Finanzbezogen								
AN3.1	Qualifizierung der Dienstleister zu Hubs	F					Qualitäts-sicherung	intern	(R5.1)
AN3.2	Schulung der Mitarbeiter im Technologiefeld Additive Manufacturing	F					Marketing	intern/ extern	(R5.1
AN3.3	Fertigungsaufträge an Hubs	F					Fertigung, Logistik	intern/ extern	(R4.
	...								

Bild 5-5: Anforderungsliste für die Ersatzteilfertigung on Demand (Ausschnitt)

Kompetenzen ableiten

Gegenstand dieser Phase ist die Ableitung von Kompetenzen, die zur Erbringung der Leistung – Verkauf von Ersatzteilen und fachgerechter Einbau durch den Kundendienst – benötigt werden. Grundlage dafür bilden drei Partialmodelle der taktischen Ebene: Aktivitäten, Ressourcen und Aufbauorganisation. Sie dienen der Sammlung und Strukturierung von Kompetenzen (vgl. Abschnitte 4.2.2.3 bis 4.2.2.5).

[6] Die DIN EN ISO 9001 ist eine Qualitätsmanagementnorm, die gewährleisten soll, das ein Unternehmen qualitätsgerecht handelt, um gute Sach- und Dienstleistungen zu erbringen. Hierfür setzt die Norm einheitliche Standards [Bru16, S. 3]

Zunächst werden *Schlüsselaktivitäten ermittelt*. Hierfür werden sie aus dem Business Model Canvas entnommen und in einer hierarchischen Gliederung strukturiert. Die Aktivitäten werden anschließend konkretisiert. Eine Schlüsselaktivität für die Umsetzung des Geschäftsmodells ist „Ersatzteile identifizieren (A6.1)“. Sie lässt sich unter anderem in „Suchkriterien festlegen (A6.1.2)“ und „Ersatzteilportfolio analysieren (A6.1.3)“ zergliedern. Für die Suchkriterien sind Anforderungen (z. B. Ersatzteilabmessungen, Werkstoffe) hinterlegt und durch einen Verweis auf die Anforderungsliste gekennzeichnet. Ersatzteile dürfen aufgrund technologischer Restriktionen eine Höhe von 500 Millimeter, eine Breite von 500 Millimeter und eine Tiefe von 650 Millimeter nicht überschreiten. Bei der Aktivität „Werkstoffanforderungen erheben (A6.3.2)“ wird auf die notwendigen Ressourcen verwiesen (siehe Bild 5-6).

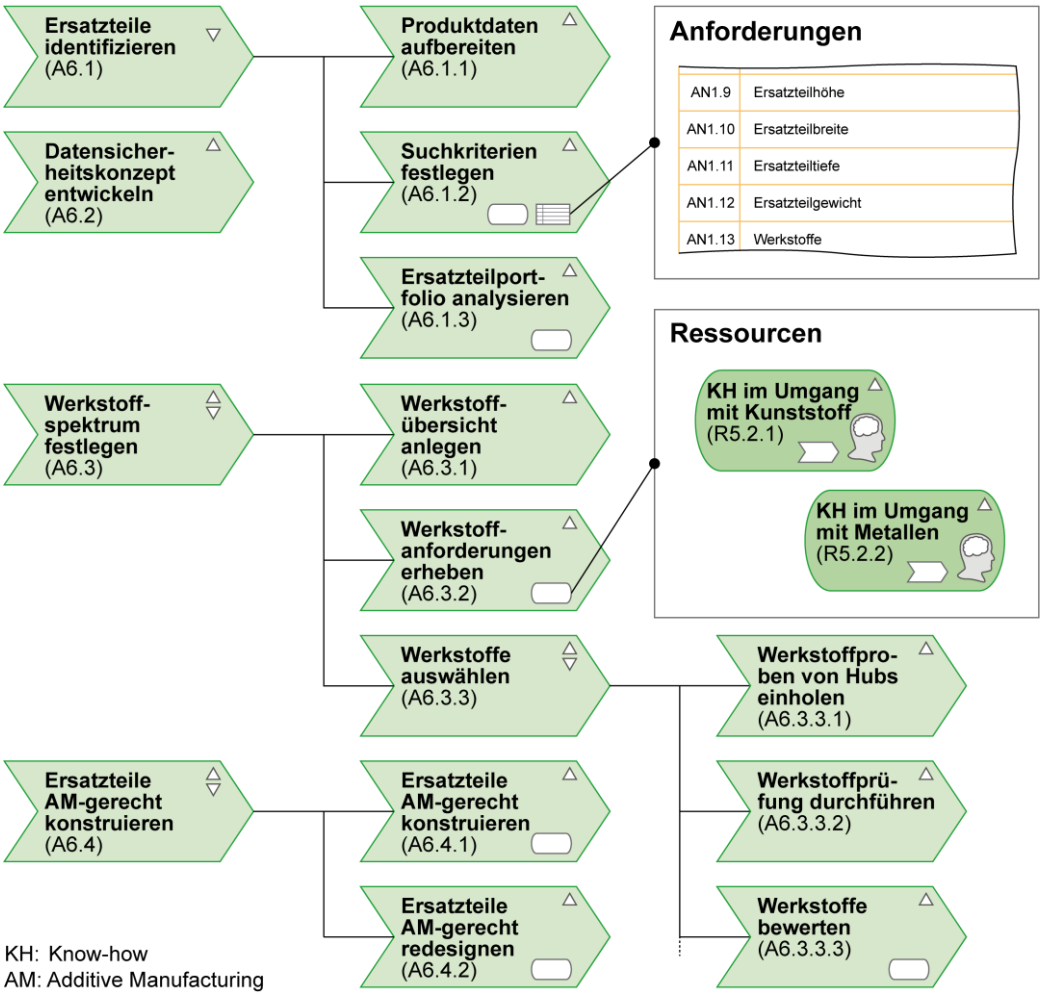

Bild 5-6: Schlüsselaktivitäten des Funktionsbereichs Entwicklung für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (Ausschnitt) in Anlehnung an [SDG+17], S. 9]

Im Anschluss an die Schlüsselaktivitäten werden *Schlüsselressourcen* anhand des zugrundeliegenden Geschäftsmodells *erhoben*. Diese werden ebenfalls hierarchisch strukturiert. Die Grundstruktur wird durch die Ressourcenarten der Zusatzkonstrukte definiert (vgl. Abschnitt 4.2.1.3). Für das Validierungsprojekt sind insbesondere die Ressourcenart

IT-Systeme (R4) sowie Know-how (R5) bedeutsam. Die Konstruktion benötigt spezielle AM Konstruktions-Software (R4.1.1) und AM Slicing-Software[7] (R.4.1.2). Weitere Fachkenntnisse werden durch die Ressourcen AM Know-how (R5.1) und Werkstoff Know-how (R5.2) abgebildet (siehe Bild 5-7).

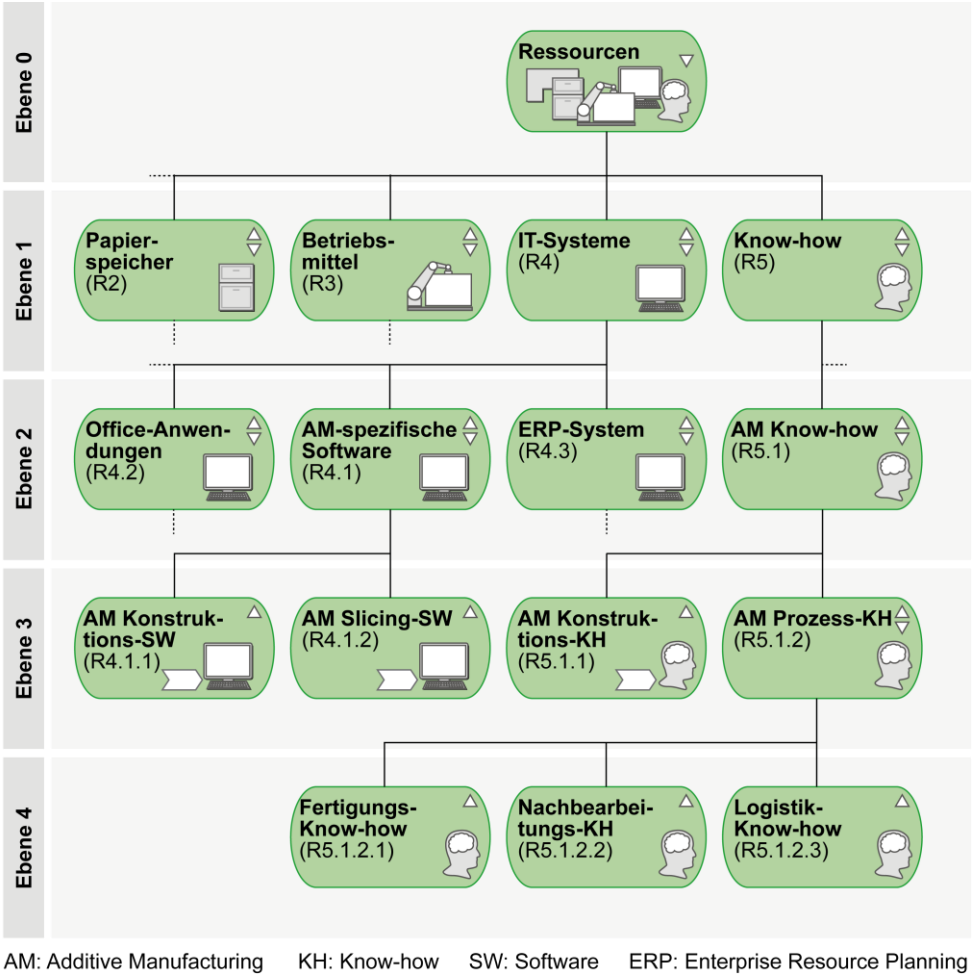

Bild 5-7: Schlüsselressourcen für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (Ausschnitt) [SDG+17], S. 10]

Als Nächstes werden die relevanten Funktionsbereiche des Herstellers ermittelt und in Form der *Aufbauorganisation dokumentiert* (vgl. Abschnitt 4.2.2.5). Die Funktionsbereiche teilen sich dabei auf das Zentralwerk sowie das betrachtete Werk A[8] des produzierenden Unternehmens auf. Das Werk A umfasst die primären Funktionsbereiche Forschung und Entwicklung sowie Produktion. Die Produktion unterteilt sich zudem in Fertigung, Montage, Logistik und Industrial Engineering. Vorentwicklung und Entwicklung sind Bestandteile des Bereichs Forschung und Entwicklung. Das Zentralwerk umfasst die

[7] Slicing bedeutet aus der 3D-Geometrie horizontale Schnitte (Slices) zu erzeugen [ANU16, S. 13].

[8] Die beiden Werke werden bei der Spezifikation als Hersteller Hausgeräte bezeichnet.

weiteren primären Funktionsbereiche Marketing und Service. Unterstützende Funktionsbereiche sind Human Ressource Management, Fertigungstechnologie, Einkauf, Qualitätsmanagement sowie Rechnungswesen und Controlling. Diese sind dem Werk A zugeordnet.

Durch Zuordnung von Schlüsselressourcen zu Schlüsselaktivitäten ergeben sich Rollen innerhalb der Funktionsbereiche. Rollen charakterisieren eine zu besetzende Stelle, die für die Leistungserstellung unerlässlich ist. Die Rollen werden in der Aufbauorganisation verortet (siehe Bild 5-8). Für das Validierungsprojekt ergeben sich sieben essentielle Rollen[9]. Der AM-Konstrukteur ist eine der zentralen Rollen für die Umsetzung der bedarfsgerechten, dezentralen Ersatzteilfertigung. Dieser Rolle obliegen beispielsweise die „AM-gerechte Ersatzteilkonstruktion (A6.4.1)“ sowie das „AM-gerechte Redesign von Ersatzteilen (A6.4.2)“. Für diese Aktivitäten werden unter anderem AM-spezifische Softwarelösungen (R4.1.1 und R4.1.2) sowie technologiefeldspezifisches Know-how (R5.1.1, R5.1.2.1 und R5.1.2.2) benötigt.

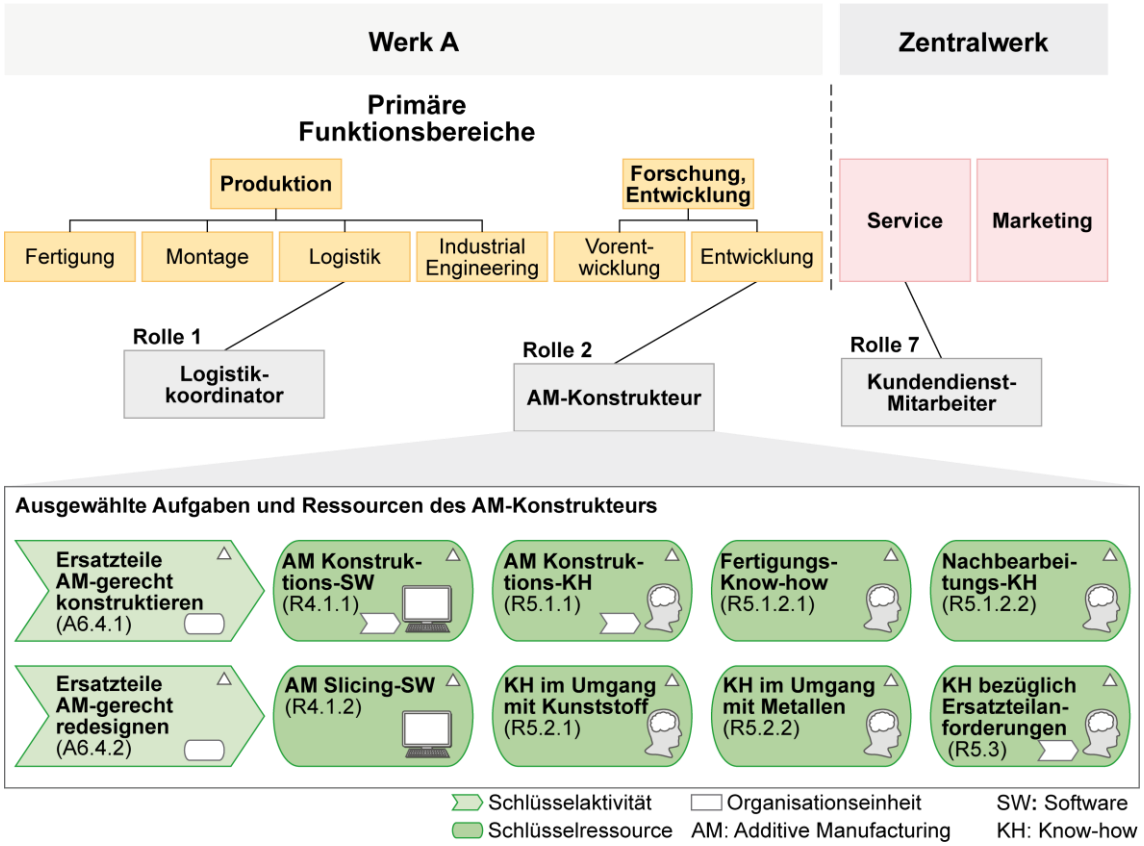

Bild 5-8: Aufbauorganisation für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (Ausschnitt) [SDG+17], S. 11]

[9] Die identifizierten Rollen sind für die Umsetzung des Geschäftsmodells von zentraler Bedeutung. Selbstredend existieren weitere Rollen; diese sind für das betrachtete Geschäftsmodell nebensächlich. Sie werden an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

Mithilfe der Partialmodelle auf taktischer Ebene sind im Validierungsprojekt 40 umsetzungsrelevante Kompetenzen abgeleitet worden. Die Kompetenzen sind entsprechend des Beschreibungsrahmens (vgl. Abschnitt 4.2.2.3) in Funktionsbereich, Aktivität und Ressource strukturiert. Die umsetzungsrelevanten Kompetenzen sind die Grundlage zur Positionierung des betrachteten Unternehmens in dem Wertschöpfungssystem (siehe Bild 5-9). Mithilfe verschiedener Ansätze (z. B. Make-or-Buy-Bewertungen) werden Kompetenzen identifiziert, die vom Unternehmen selbst erbracht werden sollen (z. B. aufgrund der strategischen Relevanz); und solche Kompetenzen, die von Wertschöpfungspartnern bereitgestellt werden (z. B. hoher Aufwand die Kompetenz zu erschließen)[10]. Im Validierungsprojekt übernehmen ein IT-Dienstleister (Kompetenz K33) und ein Technologiespezialist (K33) als Wertschöpfungspartner die Kompetenzbereitstellung (siehe Bild 5-9). Die Zuordnung bildet die umsetzungsrelevanten Kompetenzen des Geschäftsmodells auf die Wertschöpfungspartner ab.

Nr.	Fähigkeit		Ressourcen	Wertschöpfungseinheit
	Aufbauorganisation	Aktivität		
K1	Fertigungstechnologie	Konventionelle Fertigungswerkzeuge ermitteln (A8.1.1)	PPS-System (R4.3.1)	Hersteller Hausgeräte
K2	Logistik	Versicherungskosten konventioneller Fertigungswerkzeuge ermitteln	Lagerverwaltungssystem (R4.3.2)	Hersteller Hausgeräte
K3	Fertigungstechnologie	Konventionelle Fertigungskosten ermitteln (A8.1.2)	CAP-System (R4.3.3)	Hersteller Hausgeräte
…	…	…	…	…
K33	Entwicklung	Datensicherheitskonzept entwickeln (A6.2)	IT-Know-how (R5.4)	**IT-Dienstleister**
K34	Entwicklung	Ersatzteilportfolioanalyse durchführen (A6.1.3)	AM-Know-how (R5.1), KH bezüglich Ersatzteilanforderungen (R5.3), Werkstoff-KH (R5.2)	**Technologiespezialist**
K35	Qualitätsmanagement	Ist-Freigabeprozesse mit AM-gefertigtem ET durchlaufen (A10.3.1)	CAQ-System (R4.3.5), AM-Know-how (R5.1)	Hersteller Hausgeräte
K36	Qualitätsmanagement	AM-Freigabeprozess mit AM-gefertigtem ET durchlaufen (A10.3.3)	CAQ-System (R4.3.5), AM-Know-how (R5.1)	Hersteller Hausgeräte
K37	Qualitätsmanagement	AM-Freigabeprozesse ermitteln (A10.3.2)	CAQ-System (R4.3.5), AM-Know-how (R5.1)	Hersteller Hausgeräte
K38	Logistik	Ersatzteilnachfrage im Bereich Professional ermitteln (A3.3.1)	Warehouse-Management-System (R4.3.4)	Hersteller Hausgeräte
K39	Logistik	Ersatzteilnachfrage im Bereich Haushalt ermitteln (A3.3.2)	Warehouse-Management-System (R4.3.4)	Hersteller Hausgeräte

AM: Additive Manufacturing CAP: Computer Aided Planning CAQ: Computer Aided Quallitymanagement
ET: Ersatzteil KH: Know-how IT: Informationstechnologie PPS: Produktionsplanung und -steuerung

intern extern

Bild 5-9: Umsetzungsrelevante Kompetenzen mit entsprechenden Wertschöpfungseinheiten für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (Ausschnitt) [SDG+17], S. 12]

[10] An dieser Stelle wird nicht näher auf die Auswahl möglicher Partner eingegangen, sondern auf die dazugehörige Literatur verwiesen z. B. [KSG17].

Interaktionen spezifizieren

Die Aspekte der operativen Ebene beschreiben die Art und Weise der Leistungserstellung. Aus diesem Grund werden unternehmensübergreifende, aber auch unternehmensinterne Beziehungen zwischen Wertschöpfungseinheiten mithilfe des Interaktionsmodells abgebildet (vgl. Abschnitt 4.2.2.6). Sie bilden die Synchronisationspunkte zu den einzelnen Ablauforganisationen der Einheiten.

Das eingangs zur Analyse modellierte initiale Interaktionsmodell wird in dieser Phase zu einem umfangreichen *Interaktionsmodell weiterentwickelt* (siehe Bild 5-10). Die dafür notwendigen Informationen sind die Ergebnisse aus den vorherigen Phasen (z. B. dokumentierte Anforderungen, abgeleitete Kompetenzen und ermittelte Partner). Die einzelnen Wertschöpfungseinheiten werden in Beziehung gesetzt, indem *Marktleistungs-, Informations- und Geldflüsse modelliert* werden.

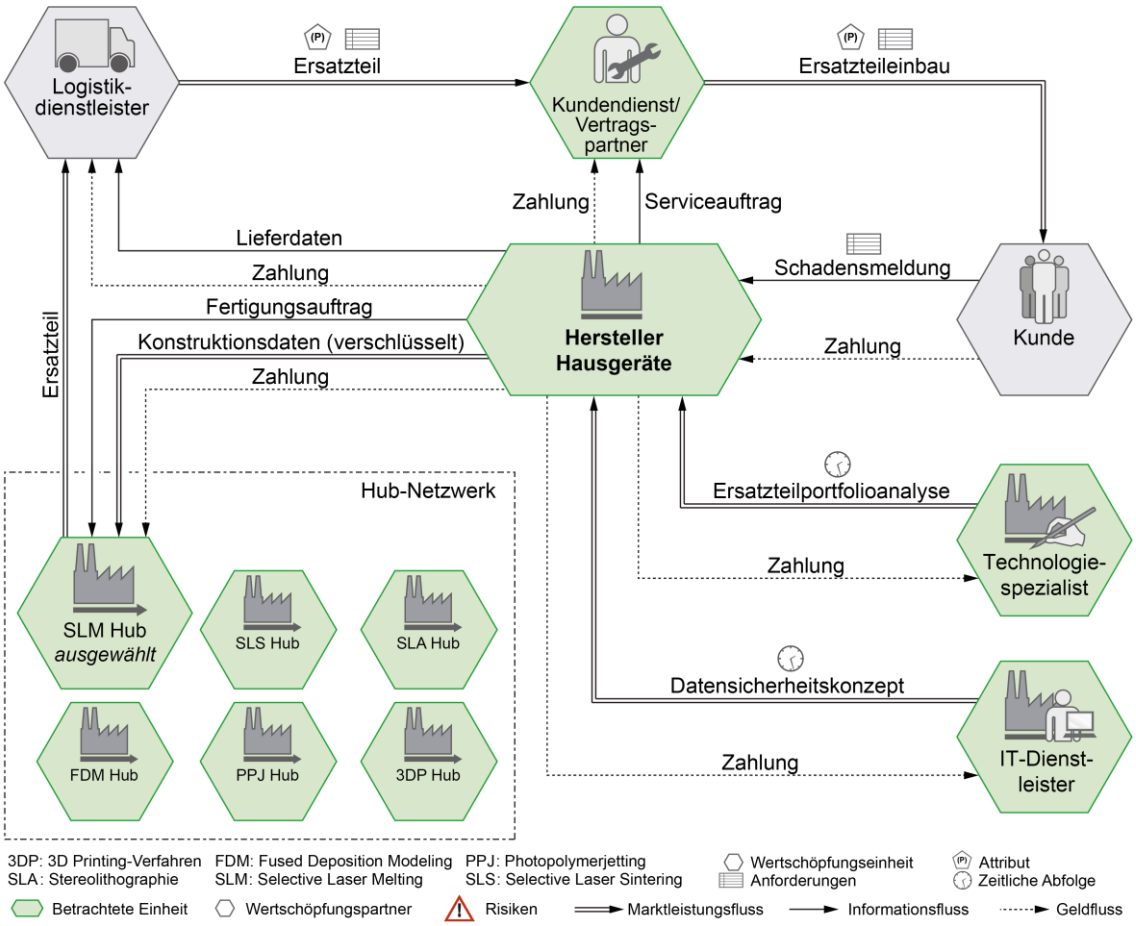

Bild 5-10: Interaktionsmodell für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (vereinfachte Darstellung) in Anlehnung an [SDG+17], S. 13]

Im Validierungsprojekt ergänzt ein Logistikdienstleister als Wertschöpfungseinheit das Interaktionsmodell. Dieser verantwortet das Logistikkonzept. Zudem erweitern der Technologiespezialist und der IT-Dienstleister als Schlüsselpartner sowie die logische Gruppe des Hub-Netzwerks das Wertschöpfungssystem. Der Technologiespezialist unterstützt

bei der Auswahl geeigneter Ersatzteile und qualifiziert die Mitarbeiter. Von dem IT-Dienstleister bezieht der Hersteller das erforderliche Datensicherheitskonzept, um eine verschlüsselte Übermittlung von Daten die einzelnen Fertigungsdienstleister des Hub-Netzwerks zu gewährleisten. Das Netzwerk umfasst im Validierungsprojekt insgesamt 38 vorselektierte Fertigungsdienstleister[11]. Diese werden in Abhängigkeit des Ersatzteilbedarfs mit der Fertigung der Ersatzteile beauftragt. Die Vergabe eines Auftrags an einen Fertigungsdienstleister erfolgt anhand der Anforderungen (z. B. Liefertermin, Werkstoff, Kundenentfernung). Die gefertigten Ersatzteile werden von dem Logistikdienstleister bei dem Fertigungsdienstleister abgeholt und dem Kundendienst geliefert. Dieser übernimmt den Einbau und die Reparatur beim Kunden vor Ort.

Ablauforganisation erarbeiten

Die Ablauforganisation (vgl. Abschnitt 4.2.2.7) bildet die prozessuale Leistungserstellung auf die aufbauorganisatorischen Funktionsbereiche ab (siehe Bild 5-11). Gemeinsam mit dem Interaktionsmodell repräsentiert sie die operative Ebene und veranschaulicht die Geschäftsprozesse bis hin zu den Synchronisationspunkten mit den weiteren Einheiten innerhalb des Wertschöpfungssystems. Es gilt daher zunächst die Organisationseinheiten zu Wertschöpfungsprozessen zuzuordnen und die *Ablauforganisation* je Wertschöpfungseinheit zu *erarbeiten*.

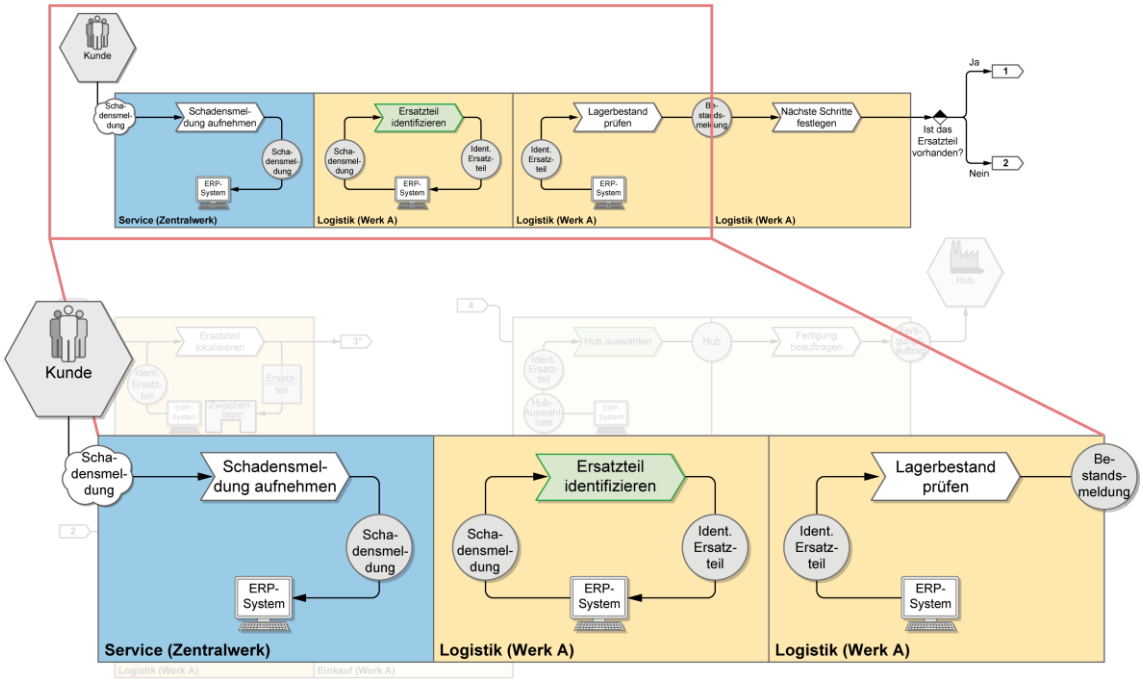

Bild 5-11: Ablauforganisation für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (Ausschnitt) [SDG+17], S. 14]

[11] Zur besseren Lesbarkeit werden an dieser Stelle Fertigungsdienstleister entsprechend der Technologien abstrahiert dargestellt.

Der interne Auftragsabwicklungsprozess des Herstellers erstreckt sich von der Schadenfallmeldung durch den Kunden bis zur Freigabe des Fertigungsauftrags an einen ausgewählten Fertigungsdienstleister des Hub-Netzwerks. Dies umfasst neun relevante Prozessschritte, welche von den Organisationseinheiten Service, Logistik sowie Einkauf verantwortet werden.

Der Kundendienst nimmt die Schadenfallmeldung mit entsprechender Eigenschaftenbeschreibung auf und legt diesen Servicefall im ERP-System an. Die digitalisierte Meldung wird von der Logistik überprüft und das benötigte Ersatzteil identifiziert. Eine Überprüfung des Lagerbestands legt die nächsten Schritte fest. Ist das Ersatzteil vorrätig, wird der etablierte Ersatzteilprozess angestoßen. Befindet sich kein Ersatzteil im Lager, wird der Ersatzteilbedarf an den Einkauf übermittelt. Ein Abgleich der Ersatzteileigenschaften mit dem AM-Ersatzteilportfolio (durch den Technologiespezialist ermittelt) zeigt die Tauglichkeit hinsichtlich additiver Fertigung auf. Empfiehlt sich die additive Fertigung für das betrachtete Ersatzteil, wird auf Basis der Auswahlkriterien ein Fertigungsdienstleister selektiert und beauftragt. Ist die additive Fertigung des Ersatzteils nicht möglich, erfolgt die gewohnte Ersatzteilbeschaffung.

Abschließend werden die *Ergebnisse zusammengeführt*. Hierbei geht es unter anderem um die Übersicht über die Ergebnisse zur Synchronisierung und Verifizierung. Des Weiteren werden Integrationsmaßnahmen abgeleitet, um Schnittstellenprobleme an den Synchronisationspunkten zu vermeiden. Eine Überprüfung der Zielkonsistenz soll sicherstellen, ob mit dem spezifizierten Wertschöpfungssystem die Leistung wirksam erbracht wird. Bild 5-12 zeigt eine Übersicht der erarbeiten Ergebnisse bei der geschäftsmodellgetriebenen Anwendung der Spezifikationstechnik. Sie sind die Diskussionsgrundlage des Projektteams, um offene Punkte zu klären oder weiteren Handlungsbedarf zu identifizieren.

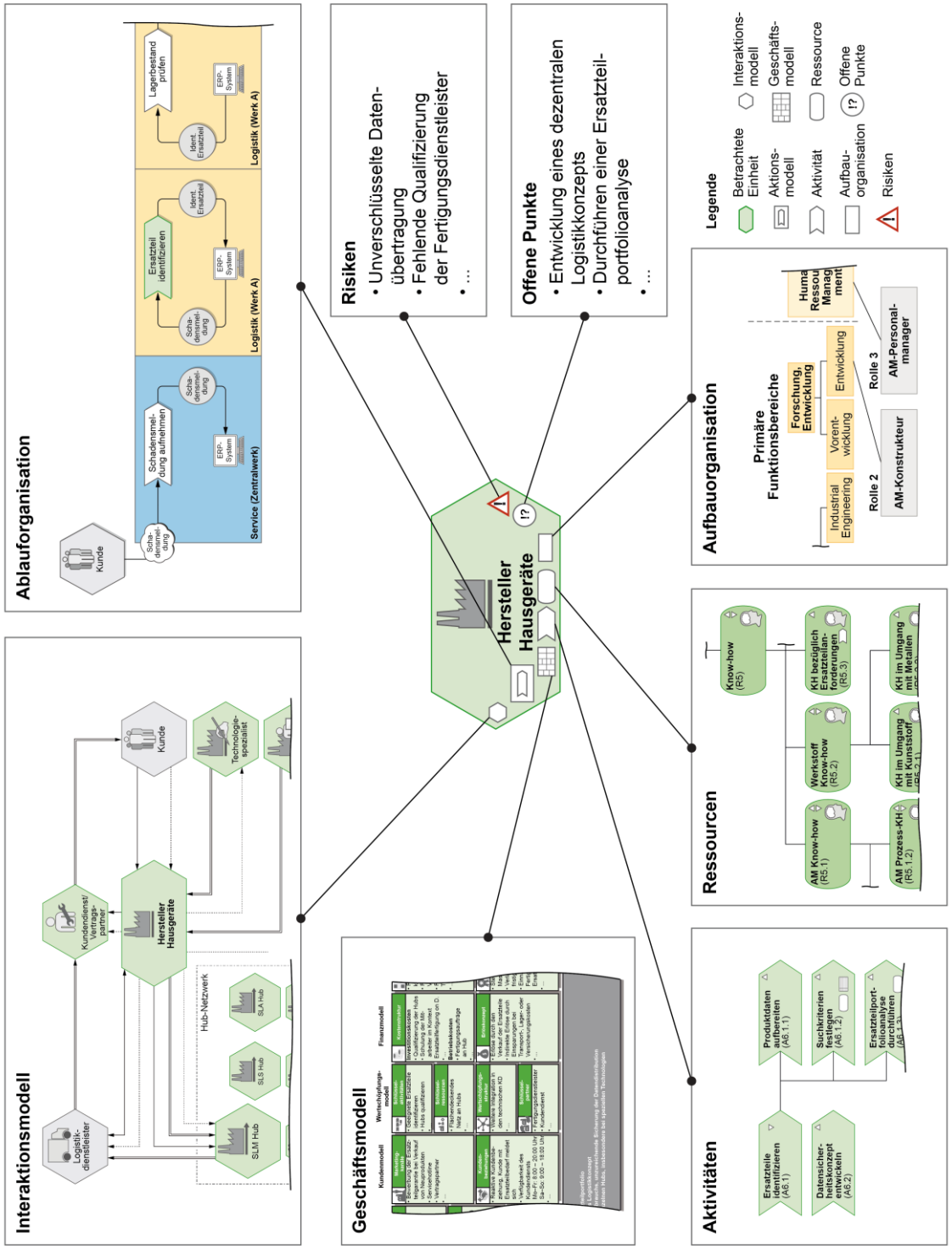

Bild 5-12: Übersicht der Spezifikation für die Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (Ausschnitt) [SDG+17], S. 15]

5.2 Weitere Anwendungen

Ergänzend zum Validierungsprojekt der Ersatzteilfertigung on Demand über Hubs (vgl. Abschnitt 5.1) wird in diesem Abschnitt die Anwendung der Spezifikationstechnik anhand weiterer Validierungsprojekte gezeigt (vgl. Abschnitt 4.4.2). Die kompetenzgetriebene Anwendung wird am Beispiel einer Kapazitätenbörse zur individuellen Vergabe von Fertigungsaufträgen (vgl. Abschnitt 5.2.1), die kooperationsgetriebene Anwendung am Beispiel eines digitalen Kollaborationsnetzwerks (vgl. Abschnitt 5.2.2) und die prozessgetriebene Anwendung am Beispiel einer durchgängig digitalunterstützten Auftragsabwicklung bei der Fertigung von Rohren (vgl. Abschnitt 5.2.3) demonstriert. Jedes Validierungsprojekt wird anhand einer Ideenskizze aus den jeweils ersten Workshops illustriert.

5.2.1 Kompetenzgetriebene Anwendung

Die kompetenzgetriebene Anwendung der Spezifikationstechnik erfolgte im Rahmen eines Projekts mit einem führenden Anbieter metallbasierter additiver Fertigungstechnologien. Das Unternehmen konzentriert sich momentan auf die Entwicklung, die Montage und den Vertrieb von Anlagen sowie integrierten Systemlösungen. Aufbauend auf diesen vorhandenen Kompetenzen wird das maschinenzentrierte Geschäft mit Anlagen um Dienstleistungen erweitert. Kern des Projekts war daher die Planung des Wertschöpfungssystems für eine Kapazitätenbörse zur individuellen Vergabe von Fertigungsaufträgen. Die Börse wird von dem Anbieter additiver Fertigungstechnologien betrieben und vermittelt die Fertigungsaufträge an Fertigungsdienstleistern. Zudem koordiniert die Kapazitätenbörse die Auftragsabwicklung von der Übertragung der 3D-CAD-Daten bis zum gelieferten Bauteil an den Auftraggeber inklusive der dazugehörigen Abrechnung [GWE+17, S. 37ff.]. Bild 5-13 zeigt eine Ideenskizze der Kapazitätenbörse zur individuellen Vergabe von Fertigungsaufträgen.

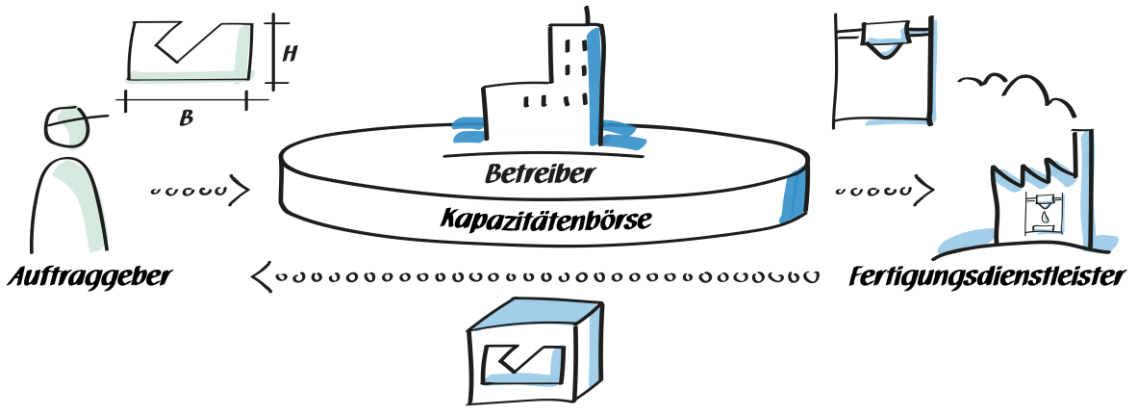

Bild 5-13: Ideenskizze der Kapazitätenbörse zur individuellen Vergabe von Fertigungsauftragen in Anlehnung an [GWE+17, S. 38]

Entlang der anwendungsfallspezifisch ausgeprägten Entwurfsphase wird nachfolgend gezeigt, wie die einzelnen Partialmodelle sukzessive erarbeitet und vernetzt werden: Kompetenzen inventarisieren, Geschäftsmodelle aufnehmen, Kompetenzen analysieren und Operationalisierung planen (vgl. Anhang A1.3).

Zunächst werden die vorhandenen *Kompetenzen inventarisiert*. Sie bilden die Grundlage zur Erbringung der zukünftigen Leistung. Das umfasst die aktuellen Aktivitäten, die dafür notwendige technische Ausstattung sowie die aufbauorganisatorische Grundordnung. Hilfsmittel sind vor allem die Partialmodelle der taktischen Ebene, die Ablauforganisation sowie die entsprechenden Konstrukte. Diese Kompetenzbasis ist die Grundlage zur Ermittlung von Strategischen Erfolgspositionen[12]. Zudem werden die relevanten *Geschäftsmodelle* mithilfe des gleichnamigen Partialmodells *aufgenommen*. Anschließend werden die *Kompetenzen analysiert*. Bei der Analyse werden die etablierten – aber auch neue – Geschäftsmodelle den Kompetenzen gegenübergestellt. Ziel sind gemeinsame Schlüsselaktivitäten, -ressourcen und -partner. Ergänzend werden Kompetenzen identifiziert, die keine große Bedeutung spielen und daher Ressourcen vergeuden. Beispielhafte Schlüsselaktivitäten für die Kapazitätenbörse sind Bauteilmachbarkeit checken und Kapazitäten planen. Dazu notwendige Schlüsselressourcen und -partner sind eine cloudbasierte Plattform, das bereits vorhandene AM-Know-how (beides Ressourcen) sowie ein IT-Dienstleister und Kunden, die bereit sind, sich als Fertigungsdienstleister an der Börse zu beteiligen (beides Partner). Darauf aufbauend werden Anforderungen an das Wertschöpfungssystem abgeleitet. Abschließend wird die *Operationalisierung geplant*. Im Wesentlichen umfasst dies die Spezifikation der Interaktionen und die Erarbeitung der Ablauforganisation. Eine Analyse der beiden Partialmodelle zeigt weiteren Handlungsbedarf auf. Bei der Kapazitätenbörse besteht unter anderem das Risiko, dass sie lediglich für die Aufnahme des Erstkontakts verwendet und anschließend bilateral umgangen wird. Diese Informationen werden durch einen Verweis im Interaktionsmodell vermerkt.

5.2.2 Kooperationsgetriebene Anwendung

Das Validierungsprojekt der kooperationsgetriebenen Anwendung der Spezifikationstechnik adressiert die Integration eines Unternehmens des produzierenden Gewerbes in ein digitales Kollaborationsnetzwerk zur Erschließung von 3D-Technologien (z. B. 3D-Scanning, Augmented Reality). Die Herausforderung für das Unternehmen der Lagertechnik und Logistik besteht vor allem in der horizontalen Integration von Unternehmen in einen durchgängigen Produktentstehungsprozess (PEP). Ziel ist die Kollaboration mit Technologieexperten über das digitale Kollaborationsnetzwerk zur unternehmensübergreifenden, dezentralen Entwicklung und Fertigung individualisierter Marktleistungen in

[12] Strategische Erfolgspositionen (SEP) sind Kompetenzen, die für den nachhaltigen Erfolg eines Unternehmens von entscheidender Bedeutung sind [GP14, S. 198].

kleinen Stückzahlen. Die unternehmerischen Ressourcen reichen nicht aus, um in kürzester Zeit eigenständig erforderliches Know-how über Einsatz- und Nutzenpotentiale von 3D-Technologien aufzubauen und wirksam anzuwenden. Bild 5-14 zeigt eine Ideenskizze des digitalen Kollaborationsnetzwerks zur Erschließung von 3D-Technologien.

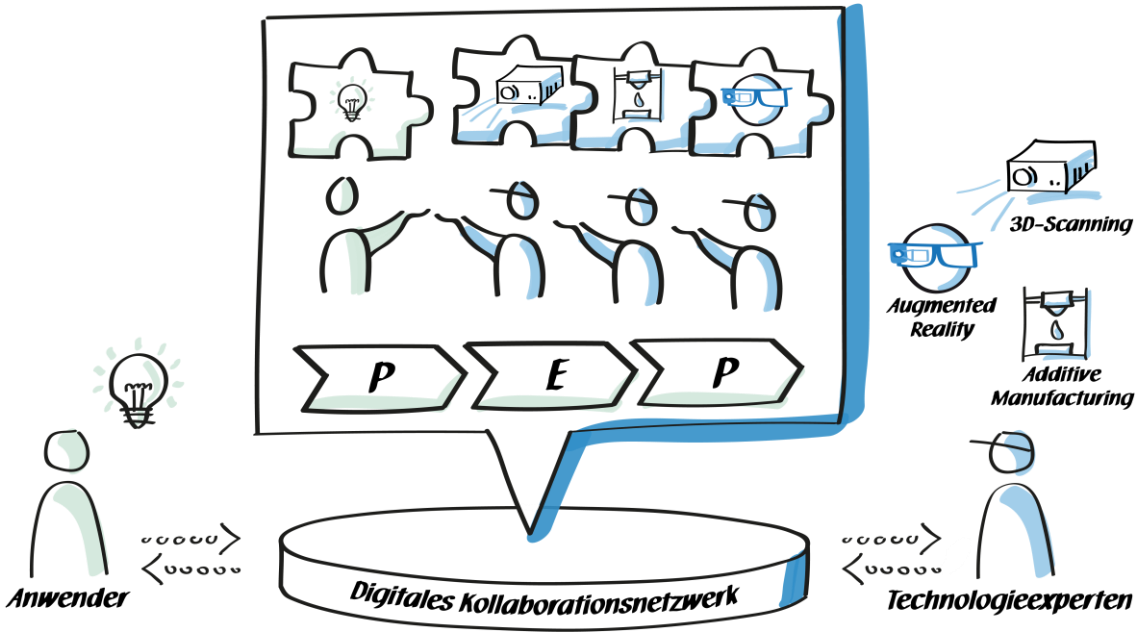

Bild 5-14: Ideenskizze des digitalen Kollaborationsnetzwerks zur Erschließung von 3D-Technologien

Entlang der anwendungsfallspezifisch ausgeprägten Entwurfsphase wird nachfolgend gezeigt, wie die einzelnen Partialmodelle sukzessive erarbeitet und vernetzt werden: Ausgangssituation aufnehmen, Schnittstellen identifizieren, Interaktionen spezifizieren und Ablauforganisation erarbeiten (vgl. Anhang A1.4).

Ausgangspunkte sind die aktuellen Interaktionen und Abläufe, sodass eingangs die *Ausgangsituation aufgenommen* wird. Die Analyse soll zunächst Klarheit über die derzeitige Situation bringen; mit welchen Wertschöpfungspartnern steht das Unternehmen derzeit wie in Interaktion. Kernaufgabe dabei ist die Ermittlung von Wertschöpfungseinheiten (z. B. Lieferant Rohblech, Lieferant Lack, Kunden) sowie die Modellierung der Marktleistungs-, Informations- und Geldflüsse zwischen den Einheiten. Wichtig ist das Zusammenspiel der Wertschöpfungseinheiten für alle Beteiligten gut nachvollziehbar zu erfassen. Anschließend erfolgt die Analyse der dokumentierten Ausgangssituation, wobei sich Aufnahme und Analyse nicht strikt voneinander trennen lassen. Hierbei werden anhand des vordefinierten Referenzprozesses des digitalen Kollaborationsnetzwerks *Schnittstellen* zum betrachteten Unternehmen *identifiziert*. Sie verweisen auf Schlüsselpartner (z. B. Technologieexperte) und liefern Erkenntnisse, wie die Partner in das Interaktionsmodell einzubinden sind. Es folgt die *Interaktionen spezifizieren*, d. h. die Modellierung des zukünftigen Interaktionsmodells. Sämtlichen Interaktionen werden Organisationseinheiten

zugeordnet und die *Ablauforganisation erarbeitet*. Im Validierungsprojekt sind das unter anderem die Arbeitsvorbereitung, Konstruktion, Einkauf und Vertrieb. Je stärker sich die neuen Interaktionen von den bisherigen unterscheiden, desto mehr sollte darauf geachtet werden, die Ablauforganisation präzise zu planen und anzupassen. Die Modelle sind die Basis zur Ableitung von Anforderungen an die Aufbauorganisation. Beispiele sind die Dateiformate Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP), Additive Manufacturing File Format (AMF) sowie 3D Manufacturing Format (3MF) als Standard für den Austausch der 3D-CAD-Daten.

5.2.3 Prozessgetriebene Anwendung

Die prozessgetriebene Anwendung der Spezifikationstechnik wird an einem Validierungsprojekt zur durchgängig digitalunterstützten Auftragsabwicklung bei der Fertigung von Rohren demonstriert. Die Rohre werden vorwiegend in der Klima- und Abgastechnik im Fahrzeugbau sowie der Bauindustrie eingesetzt. Das derzeitige Wertschöpfungssystem ist traditionell geprägt und historisch gewachsen. Die Medienkette wird oftmals unterbrochen, sodass unter anderem Störungen und Engpässe manuell verarbeitet werden; unnötige Stillstandzeiten sind die Folge. Vor diesem Hintergrund strebt das Unternehmen eine zukunftsfähige, durchgängig digitalunterstützte Auftragsabwicklung an. Durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik wird zudem eine papierlose Zusammenarbeit mit den relevanten Akteuren innerhalb des Wertschöpfungssystems angestrebt. Ziele sind beispielsweise gesteigerte Transparenz und frühzeitige Erkennung von Lieferverzug. Bild 5-15 zeigt eine Ideenskizze einer durchgängig digitalunterstützten Auftragsabwicklung bei der Fertigung von Rohren.

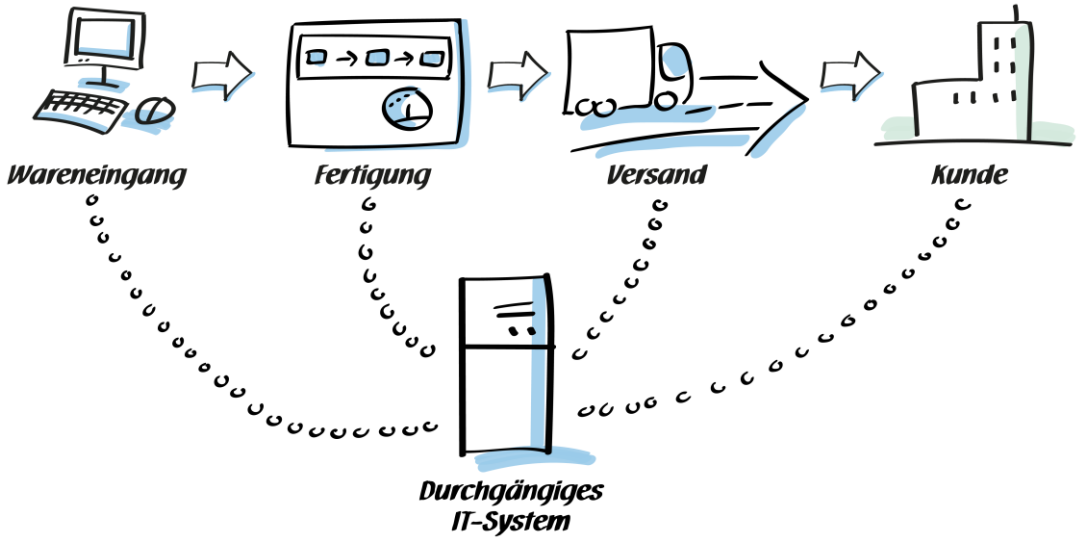

Bild 5-15: Ideenskizze der durchgängig digitalunterstützen Auftragsabwicklung bei der Fertigung von Rohren

Entlang der anwendungsfallspezifisch ausgeprägten Entwurfsphase wird nachfolgend gezeigt, wie die einzelnen Partialmodelle sukzessive erarbeitet und vernetzt werden: Ablauforganisation aufnehmen, Ablauforganisation analysieren, Interaktionen aufnehmen und Interaktionen analysieren (vgl. Anhang A1.5).

Startpunkt ist die aktuelle *Ablauforganisation*, diese wird zunächst *aufgenommen*. Das umfasst operative Prozessziele sowie ein transparentes Abbild der aktuellen Ablauforganisation. Die Konsensbildung aller Beteiligten über die gemeinsamen Ergebnisse ist dabei von besonderer Bedeutung. Hier bieten sich Workshops an, um Widersprüche unmittelbar zu klären und eine kreative Atmosphäre herzustellen. Operative Prozessziele explizieren das Selbstverständnis der Prozessbeteiligten. Beispiele aus dem Validierungsprojekt sind Transparenz des Auftragsfortschritts, Rückverfolgbarkeit von Bauteilen und Digitalisierung des Wareneingangs. Die anschließende Prozessaufnahme ist eine der Kernaufgaben. Mithilfe der Modellierungstechnik werden die etablierten Prozesse abgebildet. Ansatzpunkte für die Aufnahme sind Geschäftsvorfälle und dazugehörige Arbeitsergebnisse. Aus dem Validierungsprojekt sind dies unter anderem Anmeldung der Ware mit der Lieferliste sowie Kommissionierung der Ware anhand des Versandauftrags. Ein abschließendes Review des Modells der Ablauforganisation dient der essentiellen Konsensbildung über die aufgenommenen Abläufe. Auf Grundlage des Modells wird die *Ablauforganisation analysiert*. Schwachstellen und Verbesserungspotentiale werden (z. T. bereits während der Aufnahme) dokumentiert. Im Fokus steht zudem die Identifikation von Schlüsselaktivitäten und -ressourcen. Beispiele aus dem Validierungsprojekt sind Beschaffung von Spezialhilfsstoffen (Schlüsselaktivität), ERP-System (Ressource) und externer Dienstleister für die Auftragsabwicklung (Partner). Werden diese Ressourcen durch Wertschöpfungspartner bereitgestellt oder Aktivitäten ausgeführt, werden diese Partner als Schlüsselpartner bezeichnet. Im vorliegenden Validierungsprojekt übernimmt ein externer Dienstleister einen Großteil der Kundenkommunikation und Planung der Auftragsabwicklung. Dieser Dienstleister ist als Schlüsselpartner zu modellieren. Eine Analyse der Ablauforganisation deckt Verbesserungspotentiale auf: Systematische Erfassung von Ausschüssen, exakte Dokumentation von Lagerbeständen.

Das Wertschöpfungssystem für die durchgängig digitalunterstützte Auftragsabwicklung bei der Fertigung von Rohren umfasst initial 38 Schlüsselpartner. Für dieses System werden die *Interaktionen aufgenommen*. Bei starker Ähnlichkeit werden Schlüsselpartner zu logischen Gruppen zusammengefasst. Die einzelnen Lieferanten von Halbzeugen werden entsprechend des Werkstoffs logisch gruppiert (z. B. Aluminium-Lieferanten, Papier-Lieferanten). Im Validierungsprojekt werden anschließend die *Interaktionen analysiert*. Die Analyse hat aufgezeigt, dass der externe Dienstleister die zentrale Kundenschnittstelle darstellt und das Unternehmen selbst teilweise keinen Zugriff auf relevante Kundendokumente hat. Für diese offensichtlichen Missstände werden Sofortmaßnahmen festgelegt. Ein Beispiel ist die Maßnahme Digitale Einsicht in Kundenprotokolle. Die Maßnahmen sind die Basis zur schrittweisen Umsetzung eines zukunftsfähigen, durchgängig

digitalunterstützten Fertigungsprozesses auf dem Weg zu einer durchgängig digitalunterstützten Rohrfertigung.

5.3 Kritische Bewertung

In diesem Abschnitt wird eine Bewertung der Systematik vorgenommen. Zunächst werden in Abschnitt 5.3.1 Erfahrungen aus der praktischen Anwendung in den Validierungsprojekten resümiert. In Abschnitt 5.3.2 wird die Spezifikationstechnik anschließend anhand der in Kapitel 2 formulierten Anforderungen bewertet.

5.3.1 Erfahrungen aus der praktischen Anwendung

Die vorgestellte Spezifikationstechnik wurde bei mehreren Unternehmen teils in mehreren Projekten validiert (vgl. Abschnitt 5.1 und 5.2). Dazu zählten unter anderem erfolgreich abgeschlossene Projekte in der Hausgerätetechnik, im Maschinen- und Anlagenbau, in der Luftfahrtindustrie, dem Fahrzeugbau sowie der IT-Dienstleistungsbranche. Es hat sich herausgestellt, dass die Unternehmen ihre grundlegenden, aber individuellen Herausforderungen in den aufgezeigten Handlungsfeldern erfolgreich gemeistert haben. Mithilfe der Spezifikationstechnik ist es den Anwendern gelungen, frühzeitig ein einheitliches Verständnis des Wertschöpfungssystems zu erzeugen. Durch die Beschreibung und Analyse ihres Wertschöpfungssystems konkretisierten Unternehmen ihr Geschäftsmodell. Dabei wurden Beziehungen zu Wertschöpfungspartnern zu elementaren Ansatzpunkten ihrer Geschäftslogik. Die Spezifikationstechnik führte ferner dazu, dass Unternehmen sich wirksam in Wertschöpfungssystemen positionieren konnten, indem sie frühzeitig den Kompetenzbedarf bestimmt, geeignete Partner ausgewählt und systematisch integriert haben. Des Weiteren war die Beschreibung des Wertschöpfungssystems oftmals die Grundlage dedizierter Analysen, um das Bild der betrachteten Situation zu schärfen und weiterführende Ansatzpunkte für die Planung des Geschäftsmodells oder Restrukturierung der Ablauforganisation zu erhalten.

An dieser Stelle sei jedoch auch auf kritische Aspekte hingewiesen. Bei aller Benutzungsfreundlichkeit der Spezifikationstechnik sollte das Projektteam die Betrachtungsgrenze präzise definieren und zudem einen guten Überblick über die verschiedenen unternehmensinternen und -externen Abläufe in den einzelnen Funktionsbereichen haben. Es hat sich gezeigt, dass die Analyseergebnisse sehr stark von dem Detaillierungsgrad der Beschreibung des Wertschöpfungssystems abhängen. Ein hoher Detaillierungsgrad mindert in Workshops jedoch oftmals die Übersichtlichkeit. Für eine wirksame Anwendung der Spezifikationstechnik ist es daher ratsam, ein Review der erzeugten Dokumente durchzuführen und allen Beteiligten die Gelegenheit zu geben, über das spezifizierte System nachzudenken und zu reflektieren. Die Anwendung der Technik von einem Anwender allein ist als kritisch zu betrachten. Vor allem die Diskussionen während der Workshops offenbaren oftmals Schwachstellen oder Synergien, welche häufig in Verbesserungspotentialen und Sofortmaßnahmen münden.

Zwei Projekte legten bemerkenswerte Erkenntnisse offen. In einem Fall aus dem Fahrzeugbau sollten die Beziehungen zu Lieferanten und Kunden untersucht werden. Hintergrund war die Digitalisierung von Informationen und Daten zur Optimierung der Zusammenarbeit. Bei der Analyse des Wertschöpfungssystems konnten verschiedene Schlüsselpartner identifiziert (z. B. acht Zuliefergruppen, vier Kundensegmente) und mehr als 26 Potentiale nur im Kontext von Informationsflüssen abgeleitet werden. Es stellte sich jedoch auch heraus, dass eine Neugestaltung der Auftragsabwicklung erforderlich ist. Aktuell besetzt ein externer Schlüsselpartner die Kundenschnittstelle. Das Unternehmen selbst hat teilweise keinen Einblick in wichtige Auftragsdokumente – ein für das Unternehmen wertvolles Ergebnis. Das zweite Projekt aus dem Bereich IT-Dienstleistungen betrifft die strategische Ebene mit dem Geschäftsmodell. Das Unternehmen hatte bereits ein Geschäftsmodell entwickelt und stand kurz vor dessen Operationalisierung. Durch eine Analyse des Wertschöpfungssystems sollte das Geschäftsmodell abschließend auf den Prüfstand gestellt werden (vgl. Abschnitt 4.3.1). Mithilfe der Spezifikationstechnik wurde nicht nur erstmalig ein einheitliches Systemverständnis bei dem Projektteam geschaffen, sondern zusätzlich Schwachstellen unter anderem bei der Integration von Schlüsselpartnern sowie der Umsetzung des neuartigen Bezahlsystems aufgedeckt, die zur – rechtzeitigen – Überarbeitung des Geschäftsmodells führten.

5.3.2 Bewertung der Spezifikationstechnik anhand der Anforderungen

In diesem Abschnitt wird die entwickelte Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen anhand der in Abschnitt 2.7 formulierten Anforderungen bewertet. Bild 5-16 visualisiert den Bezug der Anforderungen zur Spezifikationstechnik.

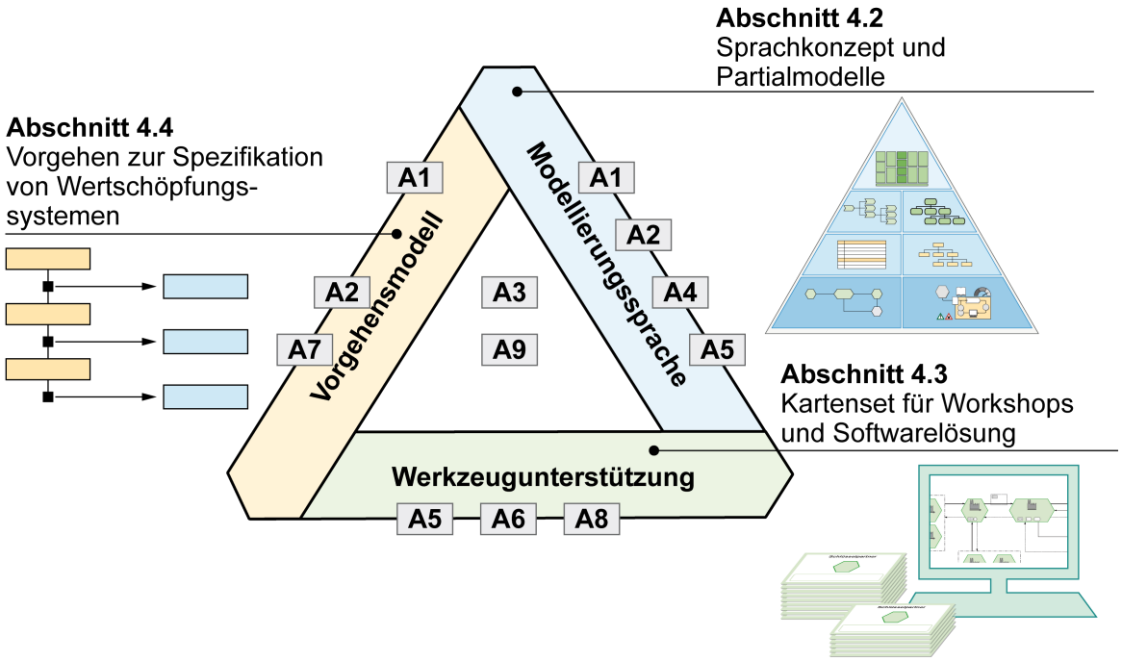

Bild 5-16: Erfüllung der Anforderungen durch die Spezifikationstechnik

A1) Ganzheitliche Beschreibung des Wertschöpfungssystems

Die Spezifikationstechnik adressiert die Beschreibung von Wertschöpfungssystemen von der strategischen (Welche Leistung soll erbracht werden?) über die taktische (Womit wird die Leistung erbracht?) bis zur operativen Ebene (Wie wird die Leistung erbracht?). Anhand von sieben Partialmodellen werden die Ebenen konkretisiert (vgl. Abschnitt 4.2.2). Für jede Ebene sind spezifischen Partialmodelle definiert. Durch die Vernetzung der Partialmodelle wird das Wertschöpfungssystem ganzheitlich beschrieben (vgl. Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2.3). Das Arbeiten mit den Partialmodellen erleichtert die fallspezifische Beschreibung und Analyse (vgl. Abschnitt 4.4.1).

A2) Kooperation mit Partnern

Die Spezifikationstechnik begreift die Planung von Wertschöpfungssystemen als interdisziplinäre Aufgabe mit einer Vielzahl unternehmensinterner und -externer Beteiligten verschiedener Funktionsbereiche. Das eingängige Sprachkonzept mit intuitiv verständlichen Konstrukten fördert das einheitliche Systemverständnis und Kommunikation in interdisziplinären Teams (vgl. Abschnitt 4.2.1). Diese einheitliche Spezifikation schafft eine Kommunikationsplattform für die beteiligten Akteure, die durch das Vorgehensmodell angeleitet werden (vgl. Abschnitt 4.4). Die entwickelten Aspekte zur Beschreibung des Wertschöpfungssystems helfen ferner bei der Beherrschung der Komplexität und vereinfachen die kooperative Planung von Wertschöpfungssystemen – von der strategischen über die taktische bis hin zur operativen Ebene (vgl. Abschnitte 4.2.2, 4.4.1 und 4.4.2). Die Bildung spezifischer Sichten unterstützt zudem das Arbeiten mit der Spezifikationstechnik in interdisziplinären Teams (vgl. Abschnitt 4.2.4).

A3) Gültigkeit für das produzierende Gewerbe

Die erarbeitete Systematik hat den Anspruch als allgemeingültiger Ansatz für Wertschöpfungssysteme von Unternehmen des produzierenden Gewerbes zu gelten. Grundlage dafür ist die generische Beschreibung der Marktleistung. Sie ist unabhängig von der Art der eigentlichen Marktleistung (Sach-, Dienstleistung oder hybrides Leistungsbündel) (vgl. Abschnitt 4.2.2). Hierdurch unterstützt die Spezifikationstechnik Unternehmen des produzierenden Gewerbes bei ihrer digitalen Transformation. Die Spezifikation erfolgt zudem unternehmens- und branchenübergreifend durch neutrale Konstrukte (vgl. Abschnitt 4.2.1). Die erarbeitete Modellierungssprache liefert zahlreiche Möglichkeiten für die Anwendung der Spezifikationstechnik und kontextspezifische Ausprägung (vgl. Abschnitte 4.4.1, 4.4.2, 5.1 und 5.2). Die Zusatzkonstrukte und Verweise wurden speziell auf den Einsatz in Unternehmen des produzierenden Gewerbes ausgerichtet. Das gilt vor allem für die definierten Wertschöpfungsrollen, Bearbeitungsobjekte und Ressourcenarten (vgl. Abschnitt 4.2.1.3). Das Vorgehen besitzt für die Unternehmen des produzierenden Gewerbes Allgemeingültigkeit (vgl. Abschnitt 4.4).

A4) Einheitliche und graphische Notation

Die Spezifikation der Partialmodelle und deren Vernetzung erfolgt mithilfe von Grundkonstrukten, Beziehungen, Zusatzkonstrukten und Verweisen (vgl. Abschnitte 4.2.1.1 bis 4.2.1.4). Ferner wird die Zuordnung von Konstrukten durch das grundlegende Sprachkonzept vordefiniert (vgl. Abschnitt 4.2.1.5). Beides ermöglicht eine einheitliche, domänenübergreifende Beschreibung von Wertschöpfungssystemen. Die Modellierungssprache folgt den Grundsätzen der ordnungsgemäßen Modellvisualisierung und wird durch prägnante Visualisierungen unterstützt, wodurch sich die Einarbeitungszeit signifikant reduziert.

A5) Benutzungsfreundliche Anwendung

Die hier vorgestellte Spezifikationstechnik zeichnet sich durch eine hohe Benutzungsfreundlichkeit aus. Das grundlegende Sprachkonzept liefert einen Baukasten mit Grundbausteinen, die durch Beziehungen und Verweise miteinander verknüpft werden (vgl. Abschnitt 4.2.1). Die Strukturierung der Partialmodelle in Ebenen unterstützt den Anwendenden bei der Auswahl der geeigneten Partialmodelle (vgl. Abschnitt 4.2.2). Die Unterstützung durch eine einfache Moderationstechnik steigert die Akzeptanz in Workshops (vgl. Abschnitt 4.3.1).

A6) Werkzeugunterstützung

Diese Anforderung wird sowohl durch das Kartenset (vgl. Abschnitt 4.3.1) als auch durch die Softwarelösung (vgl. Abschnitt 4.3.2) erfüllt: Wertschöpfungssysteme werden in der Regel im Rahmen von Workshops mit Vertretern aus den involvierten Bereichen oder Unternehmen erarbeitet. Als Hilfsmittel für die Moderation der Workshops sind die einzelnen Elemente des Sprachkonzepts als Kartenset umgesetzt. Die prototypische Umsetzung der Softwarelösung steigert die Effizienz und Effektivität bei der Modellierung des Wertschöpfungssystems. Der manuelle Modellierungsaufwand wird maßgeblich reduziert.

A7) Systematisches Vorgehen

Das entwickelte Vorgehen ist ein wesentlicher Bestandteil der Spezifikationstechnik und leitet die Anwendung in strukturierte Bahnen. Die einzelnen sachlogisch geordneten Phasen – vom Entwurf bis zur Freigabe – werden durch zugeordnete Aufgaben und Hilfsmittel präzise erläutert (vgl. Abschnitt 4.4.2). Das Arbeiten mit den Partialmodellen zeigt Anwendenden zudem (vgl. Abschnitte 4.4.1 und 4.4.2), wie der Einsatz der Partialmodelle für verschiedene Anwendungsfälle gestaltet wird (vgl. Abschnitte 5.1 und 5.2).

A8) Wiederverwendbarkeit

Diese Anforderung wird durch die Werkzeugunterstützung erfüllt, insbesondere durch die Softwarelösung. Die Integration in ein professionelles Product-Lifecycle-Management-System stellt Anwendenden die richtigen Informationen zur richtigen Zeit zur Ver-

fügung und erlaubt Rückgriffe auf bereits vorhandene Wertschöpfungssysteme (vgl. Abschnitt 4.3.2). Häufig unterscheiden sich Wertschöpfungssysteme innerhalb von Unternehmensbereichen nur in Nuancen. Die Allgemeingültigkeit des Sprachkonzepts erlaubt eine einfache Adaption vorhandener Ergebnisse auf weitere Anwendungskontexte (vgl. Abschnitt 4.2.1).

A9) Unterstützung der Analyse

Die Analyse von Wertschöpfungssystemen wird durch die Spezifikationstechnik in Form der strategischen, taktischen und operativen Ebene unterstützt. Sie dienen als erste Suchfelder bei der Analyse. Durch die einzelnen Partialmodelle wird der Analyseraum je nach Analysezweck weiter eingeschränkt. Der Betrachtungsfokus der Anwendenden wird dadurch auf die relevanten Inhalte gelenkt (vgl. Abschnitt 4.2.2). Die idealtypischen Startpunkte zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen unterstützten Anwendende bei der Festlegung des Startpunkts und einer zielführenden Bearbeitungsreihenfolge (vgl. Abschnitte 4.4.1, 4.4.2, 5.1 und 5.2). Das Vorgehensmodell lenkt die Analyse in strukturierte Bahnen und die bereitgestellten Werkzeuge unterstützen die Dokumentation der Analyseergebnisse (vgl. Abschnitte 4.3 und 4.4.2).

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die voranschreitende digitale Transformation begünstigt den Wandel hin zu hybriden Leistungsbündeln. Behaupteten sich insbesondere Unternehmen des produzierenden Gewerbes lange Zeit durch ihre Qualitäts- und Technologieführerschaft in der globalen Wettbewerbsarena, genügen diese Differenzierungsmerkmale zukünftig nicht mehr als alleinige Wettbewerbsvorteile. Vielmehr geht es für die Unternehmen darum, ihr Kerngeschäft mit datenbasierten Dienstleistungen auszubauen, um den direkten Kundenkontakt nicht an Intermediäre mit einem Plattformansatz zu verlieren. Viele Produzenten haben diese Notwendigkeit erkannt, die Planung hybrider Leistungsbündel stellt sie jedoch vor Herausforderungen: Für das produzierende Gewerbe bedeutet es einen tiefgreifenden Wandel – vom einstigen Produzenten hin zu einem produzierenden Dienstleister.

In der industriellen Praxis führt dies zu einem grundlegenden Wandel in der Natur der unternehmerischen Wertschöpfung. Es entsteht vermehrt die Notwendigkeit in global vernetzten Wertschöpfungssystemen zu agieren und weltweit verfügbare Kompetenzen durch Partner einzubinden. Hierzu bedarf es einer strategischen Neuausrichtung nicht nur von unternehmerischen Abläufen und Organisationsstrukturen, sondern vielmehr der gesamten Leistungserstellung über Unternehmensgrenzen hinweg bis zum Kunden. Dies stellt die Unternehmen des produzierenden Gewerbes vor Herausforderungen; ihr Wertschöpfungssystem ist oftmals historisch gewachsen und über die Jahre etabliert. Die Verschmelzung und Vernetzung von Sach- und Dienstleistungen auch über Unternehmensgrenzen steigern die Komplexität und Interdisziplinarität der Leistungserstellung. Zunehmend werden mehr Fachbereiche in die gesamte Leistungserstellung eingebunden, was eine verzahnte, zielorientierte Zusammenarbeit voraussetzt. Weitere Hürden sind bereichsorientierte Denkweisen im Planungsgeschehen, aus denen sich ein gemeinsames Systemverständnis bilden muss.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, muss die Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystem unterstützt werden. Es bedarf eines grundsätzlichen Aufbaus von Wertschöpfungssystemen, anhand dessen die Planung derartiger Systeme erfolgt. Hierfür wird ein interdisziplinären Kooperations- und Kommunikationsmittel benötigt, welches den Aufbau fachbereichsübergreifend und intuitiv verständlich abbildet. Zudem bedarf es eines systematischen Vorgehens, welches das Planungsgeschehen und die Analyse von Wertschöpfungssystemen in strukturierte Bahnen lenkt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden existierende Ansätze zur Planung, Modellierung und Analyse von Wertschöpfungssystemen untersucht. Ergänzend wurden domänenspezifische Ansätze der Geschäfts-, Produktionssystem-, Logistik-, Dienstleistungs- und Informationssystemplanung sowie domänenübergreifende Ansätze der System- und Geschäftsprozessmodellierung betrachtet. Die analysierten Ansätze liefern nur partielle Unterstützung bei der Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Eine durchgängige Spezifikationstechnik, die alle Anforderungen erfüllt, existiert nicht. Die

betrachteten *Planungsansätze* beschreiben die Planung lediglich sehr generisch und geben keine konkreten Hilfsmittel zur Beschreibung und Analyse des Betrachtungsgegenstands. Aus der Untersuchung der *Modellierung* von Wertschöpfungssystemen resultiert die Value Delivery Modeling Language (VDML) als ein vielversprechender Ansatz. Die *Analyseansätze* sind entweder sehr generisch im unternehmerischen Gesamtkontext oder beschränken sich auf einzelne Teilbereiche. Die *domänenspezifischen Ansätze* sind stark von der Sprache und dem Aufgabenkomplex der jeweiligen Domäne geprägt. Allerdings geben einige Ansätze wertvolle Impulse für den Aufbau von Wertschöpfungssystemen und das systematische Vorgehen. Hervorzuheben sei das System kohärenter Partialmodelle nach GAUSEMEIER ET AL. Zur Spezifikation von Wertschöpfungssystemen bedarf es allerdings einiger Anpassungen. Innerhalb der *domänenübergreifenden Ansätze* eignet sich die objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA) zur Abbildung der Ablauforganisation von Wertschöpfungssystemen. Der Ansatz ist in der Praxis etabliert und bietet eine ausgezeichnete Möglichkeit, bestehende Konstrukte zu erweitern, um das übergeordnete Wertschöpfungssystem mit der unternehmerischen Prozesslandschaft zu verknüpfen. Folglich besteht Handlungsbedarf für eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen.

In Kapitel 4 wird eine Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen vorgestellt. Diese greift einige Überlegungen der untersuchten Ansätze auf, überträgt diese auf Wertschöpfungssysteme und ergänzt sie um neu entwickelte Konstrukte sowie Hilfsmittel. Die Spezifikationstechnik umfasst die drei Bestandteile: Modellierungssprache, Werkzeugunterstützung und Vorgehensmodell.

- Die **Modellierungssprache** dient der interdisziplinären Beschreibung von Wertschöpfungssystemen. Das System kohärenter Partialmodelle umfasst alle für die Planung relevanten Aspekte von Wertschöpfungssystemen. Hierfür werden die sieben Partialmodelle Geschäftsmodell, Anforderungen, Aktivitäten, Ressourcen, Aufbauorganisation sowie Interaktionsmodell und Ablauforganisation bereitgestellt. Das dazugehörige grundlegende Sprachkonzept bildet die Aspekte und deren Vernetzung mithilfe der entwickelten Konstrukte und Verweise ab.

- Die **Werkzeugunterstützung** stellt die wesentlichen Hilfsmittel für die Anwendung der Modellierungssprache bereit. Ein Kartenset mit den entwickelten Konstrukten unterstützt die Moderation in Workshops mit unternehmen- und fachbereichsübergreifenden Teams. Zudem wurde eine Softwarelösung konzipiert, die sowohl durch eine webbasierte Anwendung prototypisch umgesetzt als auch ergänzend in ein professionelles Product-Lifecycle-Management-System integriert wurde. Die softwaretechnische Umsetzung erlaubt eine einfache Formalisierung von Modellen, steigert die Wiederverwendbarkeit sowie Konsistenz und den schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Sichten.

- Das **Vorgehensmodell** beschreibt detailliert das Arbeiten mit den Partialmodellen sowie die durchzuführenden Tätigkeiten und benötigten Hilfsmittel bei der Anwendung der Spezifikationstechnik. Es erstreckt sich vom Entwurf des initialen Wertschöpfungssystems, über die Formalisierung und das Review bis zur Freigabe des Wertschöpfungssystems.

Die Anwendung der Spezifikationstechnik erfolgte anhand vier verschiedener Validierungsprojekte aus der Praxis. Im Rahmen der Validierung wurde gezeigt, wie bei unterschiedlichen Ausgangssituationen das Arbeiten mit den Partialmodellen die Spezifikation von Wertschöpfungssystemen unterstützt. Es wird festgestellt, dass die Spezifikationstechnik die gestellten Anforderungen erfüllt. Die Praxistauglichkeit konnte anhand der vier Validierungsprojekte mit Unternehmen des produzierenden Gewerbes nachgewiesen werden.

Dennoch ergibt sich zukünftiger Forschungsbedarf. Dieser lässt sich in kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Bedarf strukturieren. Kurzfristiger Forschungsbedarf betrifft die unmittelbare Weiterentwicklung der vorgestellten Spezifikationstechnik. Mittel- und langfristiger Forschungsbedarf umfasst Handlungsbedarfe, die teilweise über das Themenfeld der entwickelten Spezifikationstechnik hinausgehen oder einen längeren Zeithorizont adressieren.

Kurzfristiger Bedarf ergibt sich im Hinblick auf das Management und die Steuerung von Wertschöpfungssystemen. Die Forschungsagenda des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) stellt die These auf, dass zukünftig Bedarfe und Angebote automatisch zueinander finden und bis zum Vertragsabschluss selbstständig verhandeln [Bun16, S. 5ff.]. Ein vielversprechender Ansatz erscheint die Weiterentwicklung der hier vorgestellten Systematik, um Aspekte zur Abbildung der Dynamik von Wertschöpfungssystemen. Ein erster Ansatz könnte die Übertragung etablierter Analysemethoden (z. B. Methode des kritischen Pfads) auf den Kontext von Wertschöpfungssystemen darstellen, um Engpässe oder Abhängigkeiten zu Partnern systematisch zu untersuchen. Darüber hinaus erscheint die Übertragung von Planungsansätzen von intelligentem Verhalten mechatronischer Systeme auf den Entwurf von Wertschöpfungssystemen zielführend, dass dynamische Verhalten von Wertschöpfungssystemen abzubilden [Iwa16].

Mittelfristiger Forschungsbedarf ergibt sich für die musterbasierte Planung von Wertschöpfungssystemen, wie sie unter anderem in der Geschäftsmodellentwicklung eingesetzt werden [Ams16]. Einen Beitrag hierzu könnte das Forschungsvorhaben „IMPRESS – Instrumentarium zur musterbasierten Planung hybrider Wertschöpfungssysteme zur Erbringung von Smart Services“ aus dem Kontext der Bekanntmachung „Zukunft der Arbeit: Arbeit in hybriden Wertschöpfungssystemen“ des Bundesministeriums für Forschung und Bildung (BMBF) liefern. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, die Auswirkungen hybrider Leistungsbündel auf heutige Wertschöpfungssysteme zu untersuchen, um Erfolg versprechende Transformationspfade abzuleiten [MSG+17, S. 41ff.].

Hierzu könnten weitere Methoden der integrativen Planung von Geschäft und Wertschöpfung sowie von Produkt- und Produktionssystem aufgegriffen werden [GWE+17], [GLL12].

Zudem ergeben sich im Kontext von Wertschöpfungssystemen Aspekte, die durch die vorliegende Arbeit nicht adressiert werden, sich aber sinnvollerweise anschließen. Sie charakterisieren den langfristigen Forschungsbedarf: Derzeit mangelt es an einer allgemeingültigen Architektur, die als Referenz den erfolgreichen Aufbau und dynamischen Betrieb von Wertschöpfungssystemen beschreibt. Eine branchen- oder unternehmensspezifisch Ausprägung unterstützt die Durchgängigkeit bei der vertikalen und horizontalen Integration. Hierfür sind alle relevanten Akteure wie Kunden und Lieferanten mit Referenzprozessen, definierten Schnittstellen und Systemen abzubilden, um für alle Organisationsformen einheitliche Informations-, Organisations- und Kommunikationsmodelle zu etablieren [Bun16, S. 5ff.]. Es bietet sich zudem an, Ansätze zur Analyse und Bewertung wirtschaftlicher und technologischer Potentiale von Wertschöpfungssystemen zu integrieren, um die Positionierung in Wertschöpfungssystemen oder den Austausch von Wertschöpfungspartnern wirkungsvoll zu unterstützen.

Das Heinz Nixdorf Institut und das Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM greifen diese Themen bereits heutzutage in weiterführenden Forschungsaktivitäten auf. Gemeinsame, übergeordnete Leitidee ist eine neue Schule des Entwurfs der intelligenten technischen Systeme von morgen. Das erfordert neue Herangehensweisen und Techniken unter anderem bei der strategischen Planung und dem Systems Engineering. Die hier vorgestellte Spezifikationstechnik liefert dazu einen Baustein.

7 Abkürzungsverzeichnis

3DP	3D-Printing Verfahren
3MF	3D Manufacturing Format
AES	Advanced Encryption Standard
AMF	Additive Manufacturing File
APICS	Association for Operations Management
ARIS	Architektur Integrierter Informationssysteme
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BPMN	Business Process Model and Notation
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer-Aided Design
CPS	Cyber-Physische Systeme
d. h.	das heißt
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERP	Enterprise Ressource Planning
EUR	Euro
F	Forderung
FDM	Fused Deposition Modeling
FLM	Fused Layer Modeling
GoMV	Grundsätze ordnungsmäßiger Modellvisualisierung
i. S. v.	im Sinne von
iit	Institut für Innovation und Technik
IMP	Industrial Marketing and Purchasing
IS	Informationssystem
IT	Informationstechnologie
ITS	Intelligente Technische Systeme
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
MBSE	Model-Based Systems Engineering

Mrd.	Milliarde
OMEGA	Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse
OPC	OMEGA Process Modeller
OWL	Web Ontology Language
PDF	Portable Document Format
PEP	Produktentstehungsprozess
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
SAM	Strategic Alignment Model
SCC	Supply-Chain Council
SCOR	Supply-Chain Operations Reference-Model
SE	Systems Engineering
SEP	Strategische Erfolgspositionen
SLA	Stereolithographie
SLM	Selective Laser Melting
SLS	Selective Laser Sintering
sog.	sogenannt
SOP	Start of Production
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
SysML	Systems Modeling Language
UML	Unified Modeling Language
UML	Unified Modeling Language
W	Wunsch
W3C	World Wide Web Consortium
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

8 Literaturverzeichnis

[AA10] AL-DEBEI, M. M.; AVISON, D.: Developing a unified framework of the business model concept. European Journal of Information Systems, 19(3), 2010, S. 359–376

[AA14] ARBEITSKREIS SMART SERVICE WELT; ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (Hrsg.): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Berlin, 2014

[AA15] ARBEITSKREIS SMART SERVICE WELT; ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (Hrsg.): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht, Berlin, 2015

[AC10] AURICH, J.C.; CLEMENT, M.H. (Hrsg.): Produkt-Service Systeme – Gestaltung und Realisierung. Springer, Heidelberg, New York, 2010

[AF98] ALLERT, R.; FLIEß, S.: Blueprinting – Eine Methode zur Analyse und Gestaltung von Prozessen. In: Kleinaltenkamp, M.; Ehret, M. (Hrsg.): Prozeßmanagement im Technischen Vertrieb. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998

[Alt12] ALT, O.: Modellbasierte Systementwicklung mit SysML. Hanser, München, 2012

[Alt13] ALT, O.: Bessere Systemspezifikation durch Einsatz von SysML-Wirkkettenarchitekturen. In: Maurer, M.; Schulze, S.-O. (Hrsg.): Tag des Systems Engineering 2012. Hanser, München, 2013

[AM14] AURICH, J. C.; MEISSNER, H.: Entwicklung cybertronischer Produktionssysteme. ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 01-02, 2014, S. 70–73

[Ams16] AMSHOFF, B.: Systematik zur musterbasierten Entwicklung technologie-induzierter Geschäftsmodelle. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 357, Paderborn, 2016

[ANU16] ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN; NATIONALE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN LEOPOLDINA; UNION DER DEUTSCHEN AKADEMIEN DER WISSENSCHAFTEN (Hrsg.): Additive Fertigung – Stellungnahme. München, 2016

[Bät04] BÄTZEL, D.: Methode zur Ermittlung und Bewertung von Strategiealternativen im Kontext Fertigungstechnik. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 141, Paderborn, 2004

[Bau15] BAUER, F.: Planungswerkzeug zur wissensbasierten Produktionssystemkonzipierung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 341, Paderborn, 2015

[BBB+12] BACH, N.; BREHM, C.; BUCHHOLZ, W.; PETRY, T.: Wertschöpfungsorientierte Organisation – Architekturen – Prozesse – Strukturen. Springer Gabler, Wiesbaden, 2012

[BBK08] BECKER, J.; BEVERUNGEN, D.; KNACKSTEDT, R.: Wertschöpfungsnetzwerke von Produzenten und Dienstleistern als Option zur Organisation der Erstellung hybrider Leistungsbündel. In: Becker, J.; Knackstedt, R.; Pfeiffer, D. (Hrsg.): Wertschöpfungsnetzwerke. Physica-Verlag, Heidelberg, 2008

[BBW+13] BREUNINGER, J.; BECKER, R.; WOLF, A.; ROMMEL, S.; VERL, A.: Generative Fertigung mit Kunststoffen – Konzeption und Konstruktion durch Selektives Lasersintern. Springer, Berlin, 2013

[BEH10] BASHIRI, I.; ENGELS, C.; HEINZELMANN, M.: Strategic Alignment – Zur Ausrichtung von Business, IT und Business Intelligence. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010

[Beh99] BEHRENS, S.: Grundlagen einer prozessorientierten Produktionstheorie. In: Albach, H.; Eymann, E.; Luhmer, A.; Steven, M. (Hrsg.): Die Theorie der Unternehmung in Forschung und Praxis. Springer, Berlin, Heidelberg, 1999

[Ben07] BENGER, A.: Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken. Gito, Berlin, 2007

[Ber84] BERTALANFFY, L. v.: Vorläufer und Begründer der Systemtheorie. In: Bertalanffy, L. von; Cattell, R.B.; Dreger, W.; Ehrmann, H.W.; Fuchs-Wegner, G.; Haseloff, O.W.; Hassenstein, B.; Irle, M.; Kaplan, M.A.; Keidel, W.D.; Luhmann, N.; Meffer, M.; Menges, G.; Menke-Glückert, P.; Rapoport, A.; Scheuch, E.; Senghass, D. (Hrsg.): Systemtheorie. Colloquium, Berlin, 1984

[BKB+09] BECKER, J.; KNACKSTEDT, R.; BEVERUNGEN, D.; BRÄUER, S.; BRUNING, D.; CHRISTOPH, D.; GREVING, S.; JORCH, D.; JOßBÄCHER, F.; JOSTMEIER, H.; WIETHOFF, S.; YEBOAH, A.: Modellierung der hybriden Wertschöpfung – Eine Vergleichsstudie zu Modellierungstechniken. In: Becker, J.; Grob, H.L.; Hellingrath, B.; Klein, S.; Kuchen, H.; Müller-Funk, U.; Vossen, G. (Hrsg.): Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik. Institut für Wirtschaftsinformatik, WWU Münster, Münster, 2009

[BLW+16] BRANDIS, R.; LESSMANN, C.; WANZEK, A.-L.; SCHNEIDER, M.: Integration Additiver Produktionstechnologien in den Produktentstehungsprozess. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 12. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 8. – 9. Dezember 2016, Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 360, Paderborn, 2016

[Bra07] BRAUN, C.: Modellierung der Unternehmensarchitektur – Weiterentwicklung einer bestehenden Methode und deren Abbildung in einem Meta-Modellierungswerkzeug. Dissertation, Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften (HSG), Universität St. Gallen, Logos Verlag, Nr. 3285, Berlin, 2007

[Bru16] BRUGGER-GEBHARDT, S.: Die DIN EN ISO 9001:2015 verstehen – Die Norm sicher interpretieren und sinnvoll umsetzen. 2. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2016

[BS06] BENKENSTEIN, M.; STENGLIN, A. v.: Prozessorientiertes Qualitätscontrolling von Dienstleistungen. In: Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Dienstleistungscontrolling. Gabler, Wiesbaden, 2006

[BSI17-ol] BUNDESAMT FÜR SICHERHEIT IN DER INFORMATIONSTECHNIK (Hrsg.): Verschlüsselung – Wie funktioniert Verschlüsselung? Unter: https://www.bsi-fuer-buerger.de/BSIFB/DE/Empfehlungen/Verschluesselung/Datenverschluesselung/Grundlagen/Funktionsweise/funktionsweise.html,
Letzter Zugriff: 22. September 2017

[Bun15] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWI) (Hrsg.): Studie Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland – Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm Autonomik für Industrie 4.0. Berlin, 2015

[Bun16] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWI) (Hrsg.): Forschungsagenda Industrie 4.0 – Aktualisierung des Forschungsbedarfs. Ergebnispapier. Berlin, 2016

[BWS+16] BRANDIS, R.; WANZEK, A.-L.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.: Integration additiver Fertigungstechnologien in die Produktentstehung. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 111(11), 2016, S. 718–722

[Che81] CHECKLAND, P.: Systems Thinking, Systems Practice. Wiley, Chichester, 1981

[CJS98] CHOUIKHA, M.; JANHSEN, A.; SCHNIEDER, E.: Klassifikation und Bewertung von Beschreibungsmitteln für die Automatisierungstechnik. at – Automatisierungstechnik, 46(12), 1998, S. 582–591

[Con17a-ol] CONTACT SOFTWARE GMBH (Hrsg.): GEMINI: Geschäftsmodelle für Industrie 4.0. Unter: https://www.contact-software.com/de/news/2017/05/gemini-geschaeftsmodelle-fuer-industrie-40/, Letzter Zugriff: 1. September 2017

[Con17b-ol] CONTACT SOFTWARE GMBH (Hrsg.): Über uns – Wer ist Contact. Unter: https://www.contact-software.com/de/ueber-uns/wer-ist-contact/, Letzter Zugriff: 13. September 2017

[DCD+14] DAABOUL, J.; CASTAGNA, P.; DA CUNHA, C.; BERNARD, A.: Value Network Modelling and Simulation for Strategic Analysis. International Journal of Production Research 52(17), 2014, S. 5002–5020

[DGK+15] DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; KÜHN, A.; LUCKEY, M.; PLASS, C.; SCHNEIDER, M.; WESTERMANN, T.: Erfolgsfaktor Referenzarchitektur. In: it‘s OWL Clustermanagement GmbH (Hrsg.): Auf dem Weg zu Industrie 4.0, Paderborn, 2015

[DGK+17] DREWEL, M.; GAUSEMEIER, J.; KLUGE, A.; PIERENKEMPER, C.: Erfolgsgarant digitale Plattform – Vorreiter Landwirtschaft. In: Bodden, E.; Dressler, F.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Meyer auf der Heide, F.; Scheytt, C.; Trächtler, A. (Hrsg.): Wissenschaftsforum Intelligente Technische Systeme (WInTeSys) 2017, 11. – 12. Mai 2017, Paderborn. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 369, Paderborn, 2017

[DGO+14] DZIWOK, S.; GAUSEMEIER, J.; OESTERSÖTEBIER, F.; POHLMANN, U.; RIEKE, J.; SCHÄFER, W.; SCHIERBAUM, T.; TRÄCHTLER, A.: Modellbasierter Entwurf mechatronischer Systeme. In: Gausemeier, J.; Trächtler, A.; Schäfer, W. (Hrsg.): Semantische Technologien im Entwurf mechatronischer Systeme. Hanser, München, 2014

[Die07] DIETRICH, A. J.: Informationssysteme für Mass Customization – Institutionenökonomische Analyse und Architekturentwicklung. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2007

[DIN69901] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (Hrsg.): DIN 69901-5 – Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5 – Begriffe. Beuth Verlag, Berlin, 2009

[DL04a] DEELMANN, T.; LOOS, P.: Grundsätze ordnungsmäßiger Modellvisualisierung. In: Rumpe, B.; Hesse, W. (Hrsg.): Modellierung 2004 – Proceedings zur Tagung, 23. – 26. März 2004, Marburg, P-45, Marburg, 2004

[DL04b] DEELMANN, T.; LOOS, P.: Visualisierung von Geschäftsmodellen. In: Geberl, S.; Weinmann, S.; Wiesner, D.F. (Hrsg.): Impulse aus der Wirtschaftsinformatik – 5. Liechtensteinisches Wirtschaftsinformatik-Symposium an der Fachhochschule Liechtenstein. Physica-Verlag, Heidelberg, 2004

[DL04c] DEELMANN, T.; LOOS, P.: Vorschlag zur grafischen Repräsentation von Geschäftsmodellen. Working Paper, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und BWL, Universität Mainz, Paper 14, Mainz, 2004

[Dör98] DÖRNER, D.: Thought and Design – Research Strategies, Single-case Approach and Methods of Validation. In: Frankenberger, E.; Birkhofer, H.; Badke-Schaub, P. (Hrsg.): Designers. Springer, London, 1998

[Dud17-ol] DUDEN VERLAG (Hrsg.): System. Unter: http://www.duden.de/node/646938/revisions/1336004/view, Letzter Zugriff: 22. März 2017

[Ech16] ECHTERHOFF, O.: Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 362, Paderborn, 2016

[EFF+14] EBELING, J.; FRIEDLI, T.; FLEISCH, E.; GEBAUER, H.: Strategies for Developing the Service Business in Manufacturing Companies. In: Lay, G. (Hrsg.): Servitization in Industry. Springer, Cham, 2014

[EGK+16] ECHTERHOFF, B.; GAUSEMEIER, J.; KOLDEWEY, C.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; SEIF, H.: Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – Digitalisierung als große Chance für zukünftigen Unternehmenserfolg. In: Kraft, P.; Jung, H.H. (Hrsg.): Digital vernetzt. Transformation der Wertschöpfung. Hanser, München, 2016

[Ehr07] EHRLENSPIEL, K.: Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 3. Auflage, Hanser, München, 2007

[ELW06] EVERSHEIM, W.; LIESTMANN, V.; WINKELMANN, K.: Anwendungspotenziale ingenieurwissenschaftlicher Methoden für das Service Engineering. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006

[Eng17-ol] ENGELS, G.: Modellierungssprache. Unter: http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/technologien-methoden/Sprache/Modellierungssprache/index.html/?searchterm=modellierungssprache, Letzter Zugriff: 27. März 2017

[EPR17] ENGELS, G.; PLASS, C.; RAMMIG, F.-J. (Hrsg.): IT-Plattformen für die Smart Service Welt (acatech Diskussion). Herbert Utz Verlag, München, 2017

[Erl10] ERLACH, K.: Wertstromdesign – Der Weg zur schlanken Fabrik. 2. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010

[Erl13] ERLACH, K.: Value Stream Design – The Way Towards a Lean Factory. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013

[Est08] ESTEFAN, J. A.: Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies. In: INCOSE – International Council on Systems Engineering (Hrsg.): MBSE Initiative, 2008

[Fah95] FAHRWINKEL, U.: Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering. Dissertation, Fachbereich 5 – Wirtschaftswissenschaften, Universität-GH Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 1, Paderborn, 1995

[FGN+13] FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.; NAGARAJAH, A.; PAHL, G.; BEITZ, W.; WARTZACK, S.: Vorgehen bei einzelnen Schritten des Produktentstehungsprozesses. In: Feldhusen, J.; Grote, K.-H. (Hrsg.): Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013

[FHS04] FLEISCHER, J.; HERM, M.; SCHELL, M.-O.: Wertschöpfung in Netzwerken. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 99(9), 2004, S. 470–476

[FMS12] FRIEDENTHAL, S.; MOORE, A.; STEINER, R.: A Practical Guide to SysML – The Systems Modeling Language. 2. Auflage, Morgan Kaufmann, Waltham, 2012

[For02] FORD, D. (Hrsg.): Understanding Business Markets. 3. Auflage, Thomson Learning, London, 2002

[Fra06] FRANK, U.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme. Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 175, Paderborn, 2006

[Fuc07] FUCHS, C.: Life-Cycle-Management investiver Produkt-Service-Systeme Konzept zur lebenszyklusorientierten Gestaltung und Realisierung. Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, Produktionstechnische Berichte aus dem FBK, Band 04/2007, Kaiserslautern, 2007

[FWK15] FLOERECKE, S.; WOLFENSTETTER, T.; KRCMAR, H.: Hybride Produkte. IM+io Das Magazin für Innovation, Management und Organisation, Heft 2, 2015, S. 61–66

[GAC+13] GAUSEMEIER, J.; ANACKER, H.; CZAJA, A.; WAßMANN, H.; DUMITRESCU, R.: Auf dem Weg zu intelligenten technischen Systemen. In: Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): Entwurf mechatronischer Systeme. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 310, Paderborn, 2013

[GAD+14] GAUSEMEIER, J.; AMSHOFF, B.; DÜLME, C.; KAGE, M.: Strategische Planung von Marktleistungen im Kontext Industrie 4.0. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20. – 21. November 2014. Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 334, Paderborn, 2014

[Gad13] GADATSCH, A.: Grundkurs Geschäftsprozess-Management – Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker. 7. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013

[Gai96] GAITANIDES, M.: Prozessorganisation. In: Kern, W. (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1996

[GB12] GEISBERGER, E.; BROY, M. (Hrsg.): agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012

[GBR10] GAUSEMEIER, J.; BRANDIS, R.; REYES-PEREZ, M.: A Specification Technique for the Integrative Conceptual Design of Mechatronic Products and Production Systems. In: Marjanovic, D.; Storga, M.; Pavkovic, N.; Bojcetic, N. (Hrsg.): Proceedings of DESIGN 2010 – The 11th International Design Conference. 17. – 20. Mai 2010, Dubrovnik, 2010

[GDN+10] GAUSEMEIER, J.; DOROCIAK, R.; NYßEN, A.; TERFLOTH, A.: Computer-Aided Cross-Domain Modeling of Mechatronic Systems. In: Marjanovic, D.; Storga, M.; Pavkovic, N.; Bojcetic, N. (Hrsg.): Proceedings of DESIGN 2010 – The 11th International Design Conference. 17. – 20. Mai 2010, Dubrovnik, 2010

[GDS+13] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; STEFFEN, D.; CZAJA, A.; WIEDERKEHR, O.; TSCHIRNER, C.: Systems Engineering in der industriellen Praxis. Paderborn, Heinz Nixdorf Institut, Fraunhofer IPT, Unity AG, 2013

[Geb13] GEBHARDT, A.: Generative Fertigungsverfahren – Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping – Tooling – Produktion. 4. Auflage, Hanser, München, 2013

[GEK01] GAUSEMEIER, J.; EBBESMEYER, P.; KALLMEYER, F.: Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. Hanser, München, 2001

[GFD+08] GAUSEMEIER, J.; FRANK, U.; DONOTH, J.; KAHL, S.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme des Maschinenbaus (Teil 2). Konstruktion, Heft 9, 2008, S. 91–108

[GHK+15] GRUDINSCHI, D.; HALLIKAS, J.; KALJUNEN, L.; PUUSTINEN, A.; SINTONEN, S.: Creating Value in Networks. The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal 20(2), 2015, S. 1–27

[GJS16] GEBAUER, H.; JONCOURT, S.; SAUL, C.: Der Wandel vom Produzenten zum Dienstleister – Eine konzeptionelle Analyse der Servicetransformation im Wassersektor. In: Bruhn, M.; Hadwich, K. (Hrsg.): Servicetransformation. Springer Gabler, Wiesbaden, 2016

[GKS02] GRIEBLE, O.; KLEIN, R.; SCHEER, A.-W.: Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik. Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2002

[GLL12] GAUSEMEIER, J.; LANZA, G.; LINDEMANN, U.: Produkte und Produktionssysteme integrativ konzipieren – Modellbildung und Analyse in der frühen Phase der Produktentstehung. Hanser, München, 2012

[GOA+16] GAUSEMEIER, J.; OVTCHAROVA, J.; AMSHOFF, B.; ECKELT, D.; ELSTERMANN, M.; PLACZEK, M.; WIEDERKEHR, O.: Strategische Produktplanung – Adaptierbare Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die Planung der Marktleistungen von morgen. Paderborn, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, 2016

[GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. Auflage, Hanser, München, 2014

[GRK13] GAUSEMEIER, J.; RÜBBELKE, R.; KÖSTER, O.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 5. – 6. Dezember 2013, Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 318, Paderborn, 2013

[GRS10] GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B.: Additive Manufacturing Technologies – Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer, New York, 2010

[GTD13] GAUSEMEIER, J.; TSCHIRNER, C.; DUMITRESCU, R.: Der Weg zu Intelligenten Technischen Systemen Spitzencluster it‘s OWL. Industrie Management, 29(1), 2013, S. 49–52

[Gur98] GURR, C. A.: On the Isomorphism, or Lack of It, of Representations. In: Marriott, K.; Meyer, B. (Hrsg.): Visual Language Theory. Springer, New York, 1998

[GWE+17] GAUSEMEIER, J.; WIESEKE, J.; ECHTERHOFF, B.; KOLDEWEY, C.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; ISENBERG, L.: Mit Industrie 4.0 zum Unternehmenserfolg – Integrative Planung von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungssystemen. Heinz Nixdorf Institut, Paderborn, 2017

[GWP13] GAUSEMEIER, J.; WALL, M.; PETER, S.: Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing – Exploring the Research Landscape. Heinz Nixdorf Institut, Direct Manufacturing Research Center (DMRC), Universität Paderborn, 2013

[Hit07] HITCHINS, D. K.: Systems Engineering – A 21st Century Systems Methodology. Wiley, Chichester, 2007

[HKR+08] HITZLER, P.; KRÖTZSCH, M.; RUDOLPH, S.; SURE, Y.: Semantic Web – Grundlagen. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008

[HLN04] HELLINGRATH, B.; LAAKMANN, F.; NAYABI, K.: Auswahl und Einführung von SCM-Softwaresystemen. In: Beckmann, H. (Hrsg.): Supply Chain Management: Strategien und Entwicklungstendenzen in Spitzenunternehmen. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004

[Hog10] HOGREBE, F.: Dienstbasierte Informationssysteme im öffentlichen Sektor. Dissertation, Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Universität Hamburg, Hamburg, 2010

[Hou05] HOUTMAN, J.: Reservierung von Kapazitäten – Ein Instrument der operativen Leistungsprogrammierung und des betrieblichen Risikomanagements. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2005

[Hou98] HOUTMAN, J.: Elemente einer umweltorientierten Produktionstheorie. Gabler, Wiesbaden, 1998

[HR00] HAREL, D.; RUMPE, B.: Modeling Languages – Syntax, Semantics and All That Stuff, Part I: The Basic Stuff. Technical Report, 2000

[HSS98] HACKER, W.; SACHSE, P.; SCHRODA, F.: Design Thinking – Possible Ways to Successful Solutions in Product Development. In: Frankenberger, E.; Birkhofer, H.; Badke-Schaub, P. (Hrsg.): Designers. Springer, London, 1998

[HUB16] HERTERICH, M. M.; UEBERNICKEL, F.; BRENNER, W.: Industrielle Dienstleistungen 4.0. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2016

[HV93] HENDERSON, J. C.; VENKATRAMAN, N.: Strategic alignment. IBM Systems Journal, 32(1), 1993, S. 472–484

[HWF+12] HABERFELLNER, R.; WECK, O. L. D.; FRICKE, E.; VÖSSNER, S.: Systems Engineering – Grundlagen und Anwendung. 12. Auflage, Orell Füssli, Zürich, 2012

[HWF+15] HABERFELLNER, R.; WECK, O. L. D.; FRICKE, E.; VÖSSNER, S.: Systems Engineering – Grundlagen und Anwendung. 13. Auflage, Orell Füssli, Zürich, 2015

[HZS11] HERTEL, J.; ZENTES, J.; SCHRAMM-KLEIN, H.: Supply-Chain-Management und Warenwirtschaftssysteme im Handel. 2. Auflage, Springer, Berlin, 2011

[Iit17] IIT-INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK IN DER VDI/VDE INNOVATION + TECHNIK GMBH (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Wertschöpfung – Transformationsansätze für KMU – Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm Autonomik für Industrie 4.0 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Berlin, 2017

[IKD+13] IWANEK, P.; KAISER, L.; DUMITRESCU, R.; NYßEN, A.: Fachdisziplinübergreifende Systemmodellierung mechatronischer Systeme mit SysML und CONSENS. In: Maurer, M.; Schulze, S.-O.; Albers, A. (Hrsg.): Tag des Systems Engineering. Hanser, München, 2013

[INC14] INCOSE – INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING (Hrsg.): A World in Motion – Systems Engineering Vision 2025. San Diego, USA, 2014

[INC17-ol] INCOSE – INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING (Hrsg.): About INCOSE. Unter: http://www.incose.org/about, Letzter Zugriff: 7. Juli 2017

[ISO19505-1] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO); INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISION (IEC) (Hrsg.): Information Technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML), Infrastructure, ISO/IEC 19505-1:2012(E). 2012

[ISO19505-2] International Organization for Standardization (ISO); INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISION (IEC) (Hrsg.): Information Technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure, ISO/IEC 19505-2:2012(E). 2012

[Iwa16] IWANEK, P. L.: Systematik zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme im Maschinen- und Anlagenbau. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 366, Paderborn, 2016

[Jan10] JANELLO, C.: Wertschöpfung im digitalisierten Buchmarkt. Gabler, Wiesbaden, 2010

[JWK+08] JOHANSSON, L.-O.; WÄRJA, M.; KJELLIN, H.; CARLSSON, S.: Graphical modeling techniques and usefulness in the Model Driven Arcitechture: Which are the criteria for a „good“ Computer independent model? In: Proceedings of the 31st Information Systems Research Seminar, 10. – 13. August 2008, Åre, 2008

[Kai14] KAISER, L.: Rahmenwerk zur Modellierung einer plausiblen Systemstruktur mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 327, Paderborn, 2014

[Kal98] KALLMEYER, F.: Eine Methode zur Modellierung prinzipieller Lösungen mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 42, Paderborn, 1998

[Kle00] KLEINALTENKAMP, M.: Blueprinting – Grundlagen des Managements von Dienstleistungen. In: Woratschek, H. (Hrsg.): Neue Aspekte des Dienstleistungsmarketing. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 2000

[Kle07] KLEIN, R.: Modellgestütztes Service Systems Engineering – Theorie und Technik einer systemischen Entwicklung von Dienstleistungen. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2007

[KM17a-ol] KENNING, P.; MARKGRAF, D.: Stichwort: After-Sales-Service. Springer Gabler Verlag (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon. Unter: http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55435/after-sales-service-v6.html, Letzter Zugriff: 7. April 2017

[KM17b-ol] KENNING, P.; MARKGRAF, D.: Stichwort: Pre-Sales-Service. Springer Gabler Verlag (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon. Unter: http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/6937/pre-sales-service-v10.html, Letzter Zugriff: 7. April 2017

[Kne03] KNECHT, F.: Strategische Positionierung in Wertschöpfungsnetzen. Dissertation, Universität St. Gallen, Difo-Druck, Nr. 2755, Bamberg, 2003

[Kös14] KÖSTER, O.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 326, Paderborn, 2014

[KPW13] KOHLHAMMER, J.; PROFF, D. U.; WIENER, A.: Visual Business Analytics (Edition TDWI) – Effektiver Zugang zu Daten und Informationen. dpunkt, Heidelberg, 2013

[Krc15] KRCMAR, H.: Informationsmanagement. 6. Auflage, Gabler, Berlin, 2015

[Kro12] KROGSTIE, J.: Model-Based Development and Evolution of Information Systems – A Quality Approach. Springer, London, New York, 2012

[KSG17] KAGE, M.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, P.: Positionierung in technologie-induzierten Wertschöpfungsnetzwerken am Beispiel der Additiven Fertigung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 13. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 23. – 24. November 2017, Berlin. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 374, Paderborn, 2017

[Küh06] KÜHNE, T.: Matters of (Meta-) Modeling. Software and Systems Modeling, 5(4), 2006, S. 369–385

[Leh14] LEHNER, M.: Verfahren zur Entwicklung geschäftsmodell-orientierter Diversifikationsstrategien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 324, Paderborn, 2014

[Lep07] LEPPÄNEN, M.: Towards an Abstract Ontology. In: Duží, M.; Jaakkola, H.; Kiyoki, Y.; Kangassalo, H. (Hrsg.): Information Modelling and Knowledge Bases XVIII. IOS Press, Amsterdam, 2007

[LG14] LERCH, C.; GOTSCH, M.: Die Rolle der Digitalisierung bei der Transformation vom Produzenten zum produzierenden Dienstleister. Die Unternehmung, 68(4), 2014, S. 250–267

[Lie17-ol] LIES, J.: Stichwort: Service. Springer Gabler Verlag (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon. Unter: http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/13466/service-v9.html, Letzter Zugriff: 10. Januar 2017

[Lin09] LINDEMANN, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 3. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2009

[Mal08] MALICH, S.: Qualität von Softwaresystemen – Ein pattern-basiertes Wissensmodell zur Unterstützung des Entwurfs und der Bewertung von Softwarearchitekturen. Gabler, Wiesbaden, 2008

[Mat11] MATTHES, D.: Enterprise Architecture Frameworks Kompendium – Über 50 Rahmenwerke für das IT-Management. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011

[MHP08] MIKKONEN, K.; HALLIKAS, J.; PYNNÖNEN, M.: Connecting Customer Requirements into the Multi-Play Business Model. Journal of Telecommunications Management, 1(2), 2008, S. 177–188

[Mir02] MIROSCHEDJI, S. A. D.: Globale Unternehmens- und Wertschöpfungsnetzwerke – Grundlagen, Organisation, Gestaltung. Springer, Wiesbaden, 2002

[MKU05] MEIER, H.; KORTMANN, D.; UHLMANN, E.: Hybride Leistungsbündel – Nutzenorientiertes Produktverständnis durch interferierende Sach- und Dienstleistungen. wt Werkstattstechnik online, 95(7/8), 2005, S. 528–532

[ML13] MÜLLER-STEWENS, G.; LECHNER, C.: Strategisches Management – Wie strategische Initiativen zum Wandel führen. 4. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2013

[Moo07] MOODY, D. L.: What Makes a Good Diagramm? – Improving the Cognitive Effectiveness of Diagrams in IS Development. In: Magyar, G.; Knapp, G.; Wojtkowski, W.G.; Wojtkowski, W.; Zupančič, J. (Hrsg.): Advances in Information Systems Development – New Methods and Practice for the Networked Society. Springer, Volume 2, New York, 2007

[Moo09] MOODY, D. L.: The "Physics" of Notations. IEEE Transactions On Software Engineering, 6, 2009, S. 756–779

[MSG+17] MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.; RABE, M.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Auswirkungen von Smart Services auf bestehende Wertschöpfungssysteme. In: Bodden, E.; Dressler, F.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Meyer auf der Heide, F.; Scheytt, C.; Trächtler, A. (Hrsg.): Wissenschaftsforum Intelligente Technische Systeme (WInTeSys) 2017, 11. – 12. Mai 2017, Paderborn. HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 369, Paderborn, 2017

[MSG16] MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.: Business Model Based Configuration of Value Creation Networks. In: International Association for Management of Technology (IAMOT)

(Hrsg.): 25th International Association for Management of Technology Conference Proceedings, 15. – 19. Mai 2016, Orlando, 2016

[MU12] MEIER, H.; UHLMANN, E.: Hybride Leistungsbündel – Ein neues Produktverständnis. In: Meier, H.; Uhlmann, E. (Hrsg.): Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012

[Mün13] MÜNKHOFF, E.: Umsatz- und Profitabilitätsauswirkungen industrieller Dienstleistungen. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013

[Nic13-ol] NICKEL, W.: Autos am laufenden Band – 100 Jahre Fließbandfertigung. Zeit Online 27. April 2013. Unter: http://www.zeit.de/auto/2013-04/ford-fliessband-massenproduktion, Letzter Zugriff: 19. Oktober 2017

[Nie05] NIEMANN, K. D.: Von der Unternehmensarchitektur zur IT-Governance – Bausteine für ein wirksames IT-Management. Vieweg, Wiesbaden, 2005

[Nor12] NORDSIEK, D.: Systematik zur Konzipierung von Produktionssystemen auf Basis der Prinziplösung mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 111, Paderborn, 2012

[Obj11] OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG) (Hrsg.): Business Process Model and Notation (BPMN) – Version 2.0. 2011

[Obj12] OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG) (Hrsg.): OMG Systems Modeling Language (OMG SysML™) – Version 1.3. 2012

[Obj15a] OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG) (Hrsg.): Unified Modeling Language (OMG UML) – Version 2.5. 2015

[Obj15b] OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG) (Hrsg.): Value Delivery Metamodel – Version 1.0. 2015

[OK03] OLIVA, R.; KALLENBERG, R.: Managing the transition from products to services. International Journal of Service Industry Management, 14(2), 2003, S. 160–172

[OP02] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: An e-Business Model Ontology for Modeling e-Business. In: Proceedings of 15th Bled Electronic Commerce Conference e-Reality: Constructing the e-Economy, 17. – 19. Juni 2002, Bled, Slowenien, 2002

[OP10] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business Model Generation – A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers. Wiley, Hoboken, 2010

[PA13] PROMOTORENGRUPPE KOMMUNIKATION DER FORSCHUNGSUNION WIRTSCHAFT – WISSENSCHAFT; ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (Hrsg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt, 2013

[Pac96] PACHER, G.: Systems Engineering. In: Böhm, R.; Fuchs, E.; Pacher, G. (Hrsg.): System-Entwicklung in der Wirtschaftsinformatik. Vdf Hochschulverlag, Zürich, 1996

[Pat82] PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme; Grundlagen, Methoden, Techniken. Springer, Berlin, 1982

[PF04] PRZYGODDA, I.; FERRERAS, M.: State-of-the-art der Bewertung von Lieferantenbeziehungen. In: Ahlert, D.; Zelewskik, S. (Hrsg.): MOTIWID-Projektbericht, Essen, Münster, 2004

[PH14] PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E.: Wie Smarte Produkte den Wettbewerb verändern. Harvard Business Manager, Heft 12, 2014

[PH15] PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E.: Wie smarte Produkte Unternehmen verändern. Harvard Business Manager, Heft 12, 2015

[Pil06] PILLER, F. T.: Mass Customization – Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. 4. Auflage, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2006

[PMI+17] PILLER, F.; MÖSLEIN, K.; IHL, C.; REICHWALD, R.: Interaktive Wertschöpfung kompakt – Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017

[Poh07] POHL, K.: Requirements Engineering – Grundlagen, Prinzipien, Techniken. dpunkt, Heidelberg, 2007

[Por14] PORTER, M. E.: Wettbewerbsvorteile – Spitzenleistungen erreichen und behaupten. 8. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt, 2014

[Red10] REDLICH, T.: Open Production Gestaltungsmodell für die Wertschöpfung in der Bottom-up-Ökonomie. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Helmut Schmidt Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg, Hamburg, 2010

[Rey11] REYES PÉREZ, M.: A Specification Technique for the Conceptual Design of Manufacturing Systems. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 291, Paderborn, 2011

[RFB12] RAMOS, A. L.; FERREIRA, J. V.; BARCELO, J.: Model-Based Systems Engineering. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part C: Applications and Reviews, 42(1), 2012, S. 101–111

[Rop75] ROPOHL, G.: Systemtechnik – Grundlagen und Anwendung. Hanser, München, 1975

[RS06] ROTHER, M.; SHOOK, J.: Sehen lernen – Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen. Lean Management Institut, Aachen, 2006

[RS95] RAYPORT, J. F.; SVIOKLA, J. J.: Exploiting the Virtual Value Chain. Harvard Business Review, 73(6), 1995, S. 75–85

[Rüb16] RÜBBELKE, R.: Systematik zur innovationsorientierten Kompetenzplanung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 350, Paderborn, 2016

[RW11] REDLICH, T.; WULFSBERG, J. P.: Wertschöpfung in der Bottom-up-Ökonomie. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011

[Sal04] SALMAN, R.: Kostenerfassung und Kostenmanagement von Kundenintegrationsprozessen. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2004

[Sch01] SCHEER, A.-W.: ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 4. Auflage, Springer, Berlin, 2001

[Sch16] SCHEER, A.-W.: „Die Welt wird flach“. IM+io Fachzeitschrift für Innovation, Organisation und Management, Heft 1, 2016, S. 28–31

[Sch98] SCHÜTTE, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung – Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Gabler Verlag, Wiesbaden, 1998

[SD06] SPATH, D.; DEMUß, L.: Entwicklung hybrider Produkte – Gestaltung materieller und immaterieller Leistungsbündel. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006

[SDG+17] SCHNEIDER, M.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; REINHOLD, J.: Design of Future Value Networks. In: Bitran, I.; Conn, S.; Huizingh, K.; Kokshagina, O.; Torkkeli, M.; Tynnhammar, M. (Hrsg.): Proceedings of the ISPIM Innovation Summit 2017. 10. – 13. December 2017, Melbourne, 2017

[SFG04] SCHUH, G.; FRIEDLI, T.; GEBAUER, H.: Fit for Service – Industrie als Dienstleister. Hanser, München, 2004

[SFP+09] SCHAMAI, W.; FRITZSON, P.; PAREDIS, C. J.; POP, A.: Towards Unified System Modeling and Simulation with ModelicaML: Modeling of Executable Behavior Using Graphical Notations. In: Casella, F. (Hrsg.): Proceedings of the 7th International Modelica Conference, 20. – 22. September 2009, Linköping. The Modelica Association, Linköping, 2009

[SGK06] SCHEER, A.-W.; GRIEBLE, O.; KLEIN, R.: Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006

[Sho82] SHOSTACK, G. L.: How to Design a Service. European Journal of Marketing, 16(1), 1982, S. 49–63

[SKW+17-ol] SCHMIDT, K.; KLODT, H.; WEERTH, C.; KIRCHGEORG, M.: Stichwort: Dienstleistungen. Springer Gabler Verlag (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon. Unter: http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/770/dienstleistungen-v12.html, Letzter Zugriff: 10. Januar 2017

[SL02] SCHEER, C.; LOOS, P.: Internetbasierte Geschäftsmodelle – Neue Möglichkeiten der Wertschöpfungsorganisation in der Internet-Ökonomie. In: Dangelmaier, W.; Paderborner Frühjahrstagung; Fraunhofer-Anwendungszentrum für Logistikorientierte Betriebswirtschaft (Hrsg.): Modelle im E-Business. Fraunhofer-Anwendungszentrum für Logistikorientierte Betriebswirtschaft; Heinz Nixdorf Institut, Band 8, Paderborn, 2002

[SM15] SYDOW, J.; MÖLLERING, G.: Produktion in Netzwerken – Make, Buy & Cooperate. 3. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München, 2015

[SMG16] SCHNEIDER, M.; MITTAG, T.; GAUSEMEIER, J.: Modeling Language for Value Networks. In: International Association for Management of Technology (IAMOT) (Hrsg.): 25th International Association for Management of Technology Conference Proceedings, 15. – 19. Mai 2016, Orlando, 2016

[SMM+13] STIEGLER, A.; MALETZ, M.; MROTZEK, M.; WECK, T.: Generierung eines multiperspektiven Systemmodells in der automobilen Antriebsstrangentwicklung – Herausforderungen und Erfahrungen. In: Maurer, M.; Schulze, S.-O. (Hrsg.): Tag des Systems Engineering 2012. Hanser, München, 2013

[SRC10] SCHALLES, C.; REBSTOCK, M.; CREAGH, J.: Ein generischer Ansatz zur Messung der Benutzungsfreundlichkeit von Modellierungssprachen. In: Engels, G. (Hrsg.): Modellierung. GI, Bonn, 2010

[SS12] SCHUH, G.; STICH, V. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung 1 – Grundlagen der PPS. 4. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012

[SSL05] SHAFER, S. M.; SMITH, H. J.; LINDER, J. C.: The Power of Business Models. Business Horizons, 48(3), 2005, S. 199–207

[Sta17] STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung – Inlandsproduktberechnung – Lange Reihen ab 1970. Fachserie 18 Reihe 1.5, 2017

[Sta73] STACHOWIAK, H.: Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien, New York, 1973

[Ste17-ol] STEVEN, M.: Stichwort: Leistungsbündel. Springer Gabler Verlag (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexion. Unter: http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/12045/leistungsbuendel-v5.html, Letzter Zugriff: 4. April 2017

[Sup05-ol] SUPPLY CHAIN COUNCIL: Supply-Chain Operations Reference-Model – SCOR Version 7.0 Overview. Unter: http://people.ischool.berkeley.edu/~glushko/IS243Readings/SCOR-Overview.pdf, Letzter Zugriff: 1. Juli 2017

[Sup12-ol] SUPPLY CHAIN COUNCIL: Supply Chain Operations Reference Model – Revision 11.0. Unter: http://docs.huihoo.com/scm/supply-chain-operations-reference-model-r11.0.pdf, Letzter Zugriff: 1. Juli 2017

[Sup14-ol] SUPPLY & DEMAND CHAIN EXECUTIVE: APICS Finalizes Merger with the Supply Chain Council. Unter: http://www.sdcexec.com/news/11611392/apics-merged-with-the-scc-to-create-a-global-provider-of-supply-chain-research-education-and-certification-programs, Letzter Zugriff: 1. Juli 2017

[SVE+07] STAHL, T.; VÖLTER, M.; EFFTINGE, S.; HAASE, A.: Modellgetriebene Softwareentwicklung – Techniken, Engineering, Management. 2. Auflage, dpunkt, Heidelberg, 2007

[TBN+13] TRIER, M.; BOBRIK, A.; NEUMANN, N.; WYSSUSSEK, B.: Systemtheorie und Modell. In: Krallmann, H.; Bobrik, A.; Levina, O. (Hrsg.): Systemanalyse im Unternehmen – Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik. 6. Auflage. Oldenbourg, München, 2013

[Uni17-ol] UNITY AG: Über Unity – Innovation & Transformation – Seit mehr als 20 Jahren. Unter: https://www.unity.de/de/ueber-unity/, Letzter Zugriff: 9. Juli 2017

[UP91] ULRICH, H.; PROBST, G. J. B.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln – Ein Brevier für Führungskräfte. 3. Auflage, Haupt, Bern, Stuttgart, 1991

[Vaß15] VAßHOLZ, M.: Systematik zur wirtschaftlichkeitsorientierten Konzipierung Intelligenter Technischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 346, Paderborn, 2015

[VDI04] VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E. V. (Hrsg.): VDI 2206 – Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Beuth Verlag, Berlin, 2004

[VDI15] VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E. V. (Hrsg.): Industrie 4.0 - Technical Assets – Grundlegende Begriffe, Konzepte, Lebenszyklen und Verwaltung. Verein Deutscher Ingenieure e.V, Düsseldorf, 2015

[VK13] VERMEULEN, B.; KOK, T. D.: A Value Network Development Model and Implications for Innovation and Production Network Management. Munich Personal RePEc, MPRA Nr. 51393, 2013

[VMS17-ol] VOIGT, K.-I.; MÖRHLE, M. G.; SPECHT, D.: Stichwort: Produkt. Springer Gabler Verlag (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon. Unter: http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/73950/produkt-v6.html, Letzter Zugriff: 9. Januar 2017

[VWK+10] VIDAČKOVIĆ, K.; WEINER, N.; KETT, H.; RENNER, T.: Towards Business-Oriented Monitoring and Adaptation of Distributed Service-Based Applications from a Process Owner's Viewpoint. In: Dan, A.; Gittler, F.; Toumani, F. (Hrsg.): Service-Oriented Computing. ICSOC/ServiceWave 2009 Workshops. Springer, Berlin, 2010

[WAD+16] WESTERMANN, T.; ANACKER, H.; DUMITRESCU, R.; CZAJA, A.: Reference architecture and maturity levels for cyber-physical systems in the mechanical engineering industry. In: International Symposium on Systems Engineering (ISSE) (Hrsg.): 2016 International Symposium on Systems Engineering, 3. – 5. Oktober 2016. IEEE, Edinburgh, 2016

[Wal16] WALL, M.: Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 352, Paderborn, 2016

[WEG+15] WIEDERKEHR, O.; ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.; LEHNER, A.-C.: Modellorientierte Vernetzung von Strategischer Produktplanung und Produktentwicklung. In: Binz, H.; Bertsche, B.; Bauer, W.; Roth, D. (Hrsg.): Tagungsband zum Stuttgarter Symposium (SSP), 19. Juni 2015, Stuttgart, 2015

[Wei14] WEILKIENS, T.: Systems Engineering mit SysML/UML – Anforderungen, Analyse, Architektur. 3. Auflage, dpunkt, Heidelberg, 2014

[Wes17] WESTERMANN, T.: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, 2017. Die Dissertation erscheint vorraussichtlich im Sommer 2018 in der HNI-Verlagsschriftenreihe.

[WG16] WIEDERKEHR, O.; GAUSEMEIER, J.: Systematischer Übergang in die Produktkonzipierung. In: Gausemeier, J.; Ovtcharova, J.; Amshoff, B.; Eckelt, D.; Elstermann, M.; Placzek, M.; Wiederkehr, O. (Hrsg.): Strategische Produktplanung – Adaptierbare Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die Planung der Marktleistungen von morgen. Heinz Nixdorf Institut, Paderborn, 2016

[Win03] WINTER, R.: Modelle, Techniken und Werkzeuge im Business Engineering. In: Österle, H.; Winter, R. (Hrsg.): Business Engineering – Auf dem Weg zum Unternehmen des Informationszeitalters. Springer, Berlin, 2003

[Win11] WINTER, R.: Business-Engineering-Navigator – Gestaltung und Analyse von Geschäftslösungen „Business-to-IT“. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011

[Wir10] WIRTZ, B. W.: Business Model Management – Design – Instrumente – Erfolgsfaktoren von Geschäftsmodellen. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2010

[Wir13] WIRTZ, B. W.: Business Model Management – Design, Instrumente, Erfolgsfaktoren von Geschäftsmodellen. 3. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2013

[WJ00] WEIBER, R.; JACOB, F.: Kundenbezogene Informationsgewinnung. In: Kleinaltenkamp, M.; Plinke, W. (Hrsg.): Technischer Vertrieb. Springer, Berlin, 2000

[WNB+12] WIENDAHL, H.-P.; NYHUIS, P.; BERTSCH, S.; GRIGUTSCH, M.: Controlling in Lieferketten. In: Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung 2. Springer Vieweg, Berlin, 2012

[Woh13] WOHLERS, T.: Wohlers Report – Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry. Wohlers Associates, Fort Collins, 2013

[Woh17] WOHLERS, T.: Wohlers Report – 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry. Wohlers Associates, Fort Collins, 2017

[WRN09] WIENDAHL, H.-P.; REICHARDT, J.; NYHUIS, P.: Handbuch Fabrikplanung – Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. Hanser, München, Wien, 2009

[WRW12a] WEINER, N.; RENNER, T.; WEISBECKER, A.: Die Bausteine von Geschäftsmodellen für Anbieter von Cloud-Anwendungen. In: Spath, D.; Weiner, N.; Renner, T.; Weisbecker, A. (Hrsg.): Neue Geschäftsmodelle für die Cloud entwickeln. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2012

[WRW12b] WEINER, N.; RENNER, T.; WEISBECKER, A.: Die Entwicklung von Geschäftsmodellen für Anbieter von Cloud-Anwendungen. In: Spath, D.; Weiner, N.; Renner, T.; Weisbecker, A. (Hrsg.): Neue Geschäftsmodelle für die Cloud entwickeln. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2012

[WSK08] WINKLER, H.; SLAMANIG, M.; KALUZA, B.: Bewertung, Auswahl und Entwicklung relevanter Partnerunternehmen bei der Bildung strategischer Wertschöpfungsnetzwerke. In: Becker, J.; Knackstedt, R.; Pfeiffer, D. (Hrsg.): Wertschöpfungsnetzwerke. Physica-Verlag, Heidelberg, 2008

[WVS12] WEINER, N.; VIDACKOVIC, K.; SCHALLMO, D. R. A.: Der visuelle Entwurf von Geschäftsmodellen als Ansatz der Geschäftsmodellinnovation. In: Spath, D.; Weiner, N.; Renner, T.; Weisbecker, A. (Hrsg.): Neue Geschäftsmodelle für die Cloud entwickeln. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2012

[XI14] XU, R.; ILIC, A.: Product as a Service: Enabling Physical Products as Service End-Points. In: International Conference on Information Systems (ICIS) (Hrsg.): Building a Better World through Information Systems. 14. – 17. December 2014, Auckland, 2014

[Zac11-ol] ZACHMAN, J. P.: The Zachman Framework Evolution. Unter: https://www.zachman.com/ea-articlesreference/54-the-zachman-framework-evolution, Letzter Zugriff: 6. Juni 2017

[Zac87] ZACHMAN, J. A.: A Framework for Information Systems Architecture. IBM Systems Journal, 26(3), 1987, S. 276–292

[Zec17-ol] ZECKER, D.: Informationsvisualisierung. Unter: http://www.informatik.uni-leipzig.de /bsv/homepage/sites/default/files/Infovis-1-Einleitung_7.pdf, Letzter Zugriff 16. Mai 2017

[ZSM04] ZENTES, J.; SWOBODA, B.; MORSCHETT, D.: Internationales Wertschöpfungsmanagement. Vahlen, München, 2004

Anhang

Inhaltsverzeichnis

Seite

A1 Ergänzungen zur Spezifikationstechnik A-1
A1.1 Leitlinie mit Hauptmerkmalliste A-1
A1.2 Einführung in das Technologiefeld additive Fertigung A-2
A1.3 Kompetenzgetriebene Anwendung A-4
A1.4 Kooperationsgetriebene Anwendung A-5
A1.5 Prozessgeriebene Anwendung A-6

A1 Ergänzungen zur Spezifikationstechnik

A1.1 Leitlinie mit Hauptmerkmalliste

Die Leitlinie mit Hauptmerkmalliste ruft durch Assoziationen weitere Erkenntnisse zu entsprechenden Punkten (z. B. Marktleistungs-, Informationsfluss) hervor. Hieraus lassen sich unter anderem Anforderungen ableiten [FGN+13, S. 330]. Die Hauptmerkmale in der Liste sind in den vier Bereichen übergeordnete, Leistungsfluss, Informationsfluss und Geldfluss Merkmale zugeordnet. Die einzelnen Bereiche helfen Anwendenden bei der Ausarbeitung. Es bestehen Wechselwirkungen zwischen den Hauptmerkmalen aus den verschiedenen Bereichen (z. B. unverschlüsselter Transport von Informationen beeinflusst die Sicherheit einer Finanztransaktion).

Übergeordnete Merkmale		
Flussrichtung (unidirektional, bidirektional)		
Flussgröße (z. B. Währung, Stückzahl, Gewicht)		
Flusshäufigkeit (einmalig, zyklisch, kontinuierlich)		
Besondere Vorschriften (z. B. DIN, ISO)		
Flussziel (z. B. Technisches System, Privathaushalt, Unternehmen, öffentliche Haushalte)		
Leistungsfluss Merkmale		
Güterart (Real-, Immaterial-, Nominalgut)	Wirkungsgrad der Leistung (z. B. Reparaturquote)	Lieferantenklasse (A, B, C)
Leistungsumfang	Ausfallsicherheit (z. B. Garantie)	Zielgruppe
Leistungsverfügbarkeit	Lieferzeit	Individualisierungsgrad
Leistungsdauer	Versandart	Reifegrad (z. B. Prototyp, Serienendgerät)
Informationsfluss Merkmale		
Informationsart	Informationswert (z. B. öffentlich, geheim, privat)	Schnittstellen
Transport (z. B. vertraulicher Kanal, Speichereinheit)	Datensicherheit	Updates
Informationsverteilung (z. B. Print, Digital, Audio-visuell)	Datensicherung	Protokollierung
Speicherung (z. B. verschlüsselt, unverschlüsselt)	Datenschutz	Datenformate
Geldfluss Merkmale		
Transaktionsart (z. B. Gut gegen Forderung)	Kosten (z. B. Gebühren, Abwicklungskosten, Steuern)	Sicherheit
Zeitaufwand (z. B. Transaktionsdauer)	Schwankungen	Marktpreis

Bild A-1: Hauptmerkmalliste

A1.2 Einführung in das Technologiefeld additive Fertigung

Additive Fertigung bezeichnet die Herstellung von Bauteilen durch schichtweisen Materialauftrag aus formlosem Werkstoff auf Basis digitaler 3D-Modelle [Geb13, S. 4], [Woh13, S. 13f.], [GRS10, S. 1ff.], [ANU16, S. 12]. Das Grundprinzip wird bereits heutzutage durch eine große Spannbreite unterschiedlicher Technologien abgedeckt [ANU16, S. 12ff.], [BBW+13, S. 25]. Pulverbettbasierte Verfahren verbinden mikrometerdünne Schichten aus Kunststoff- oder Metallpulver oder flüssigen Kunststoffen zu räumlichen Strukturen. Die einzelnen Schichten werden je nach Verfahren durch Lasersintern, Laserschmelzen oder Laserlichtaushärtung gefügt. Nach dem Absenken der Plattform wiederholt sich der Prozess bis zur Fertigstellung des Bauteils [Geb13, S. 47ff.], [ANU16, S. 14ff.] (siehe Bild A-2). Bei extrusionsbasierten Verfahren (Fused Layer Modeling FLM) wird der Werkstoff aufgeschmolzen und die Schichten mithilfe einer Düse abgelegt [Geb13, S. 70ff.], [BBW+13, S. 32ff.]

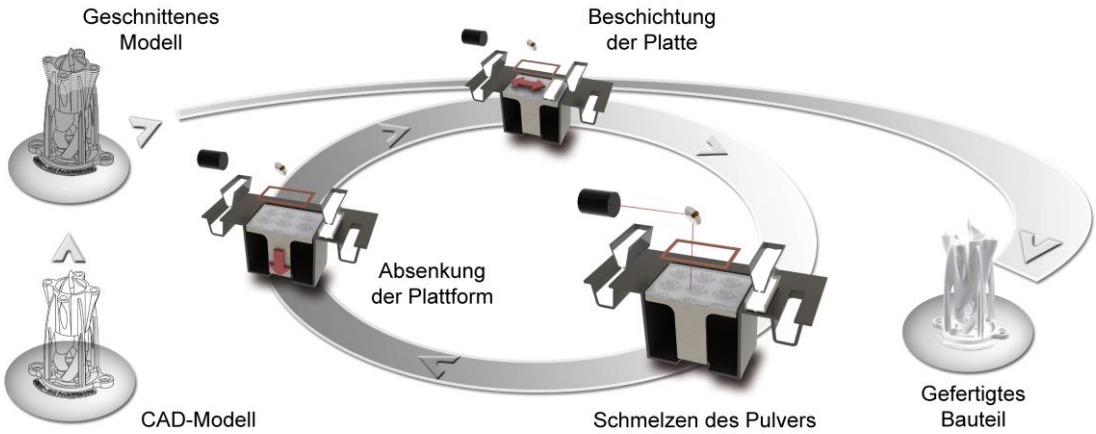

Bild A-2: Zyklischer Ablauf der Schichterzeugung pulverbettbasierter additiver Fertigungstechnologien [GWP13, S. 83]

Additive Fertigung bietet aufgrund der spezifischen Eigenschaften (z.B. Generierung von Schichtgeometrien direkt aus digitalen 3D-Modellen; Herstellung von Bauteilen ohne bauteilspezifische Werkzeuge) viele Möglichkeiten für zukünftige Anwendungen und Märkte. Wesentliche Treiber dafür sind die Technologiepotentiale wie wirtschaftliche Herstellung kundenindividueller Erzeugnisse oder dezentrale Fertigung [Geb13, S. 4ff.], [Wal16, S. 119f.] (siehe Bild A-3).

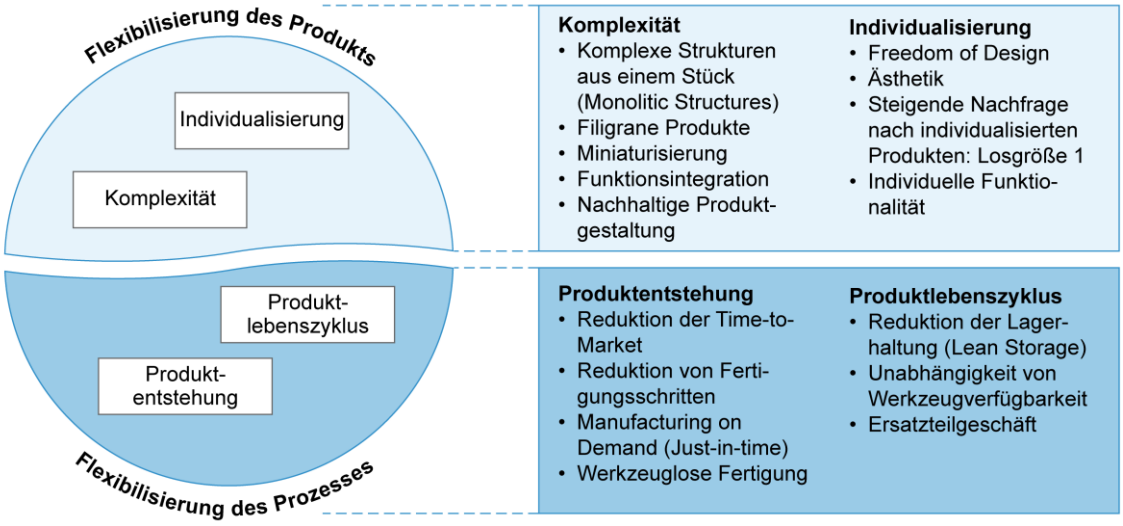

Bild A-3: Schlüsselpotentiale von additiver Fertigung nach [Wal16, S. 120]

Ein Beispiel für die *Herstellung kundenindividueller Erzeugnisse* zu Preisen der Massenfertigung (Mass Customization[1]) sind kundenspezifische Sohlen für Laufschuhe des Sportartikelherstellers New Balance. Dieser fertigt auf Basis biomechanischer Messdaten an den Laufstil des Läufers angepasste Schuhsohlen [Woh17, S. 179], [ANU16, S. 31]. Die *dezentrale Fertigung* baut auf der schnellen Distribution digitaler Daten auf, die es theoretisch ermöglicht, weltweit bedarfsgerecht zu fertigen. Prädestiniert für diese Anwendung ist das Ersatzteilgeschäft (z. B. in der Luftfahrt). Ersatzteile könnten bei Bedarf lokal gefertigt und verbaut und nicht mehr weltweit bevorratet werden [ANU16, S. 31]. Eines der Haupthemmnisse für die breite Nutzung von additiven Fertigungstechnologien liegt im fehlenden Wissen um die Technologie sowie der Integration in durchgängige Prozessketten in der Produktentstehung [BWS+16, S. 718ff.], [BLW+16, S. 215ff.].

[1] Der Begriff Mass Customization wird ausführlich diskutiert in [Pil06].

A1.3 Kompetenzgetriebene Anwendung

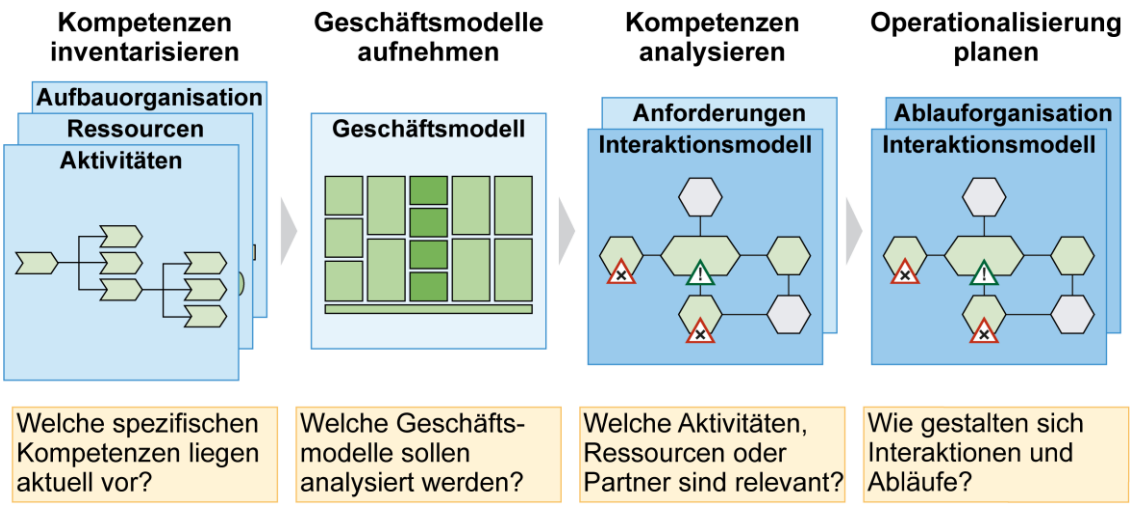

Bild A-4: Arbeiten mit den Partialmodellen für die kompetenzgetriebene Anwendung inklusiver prinzipieller Leitfragen

A1.4 Kooperationsgetriebene Anwendung

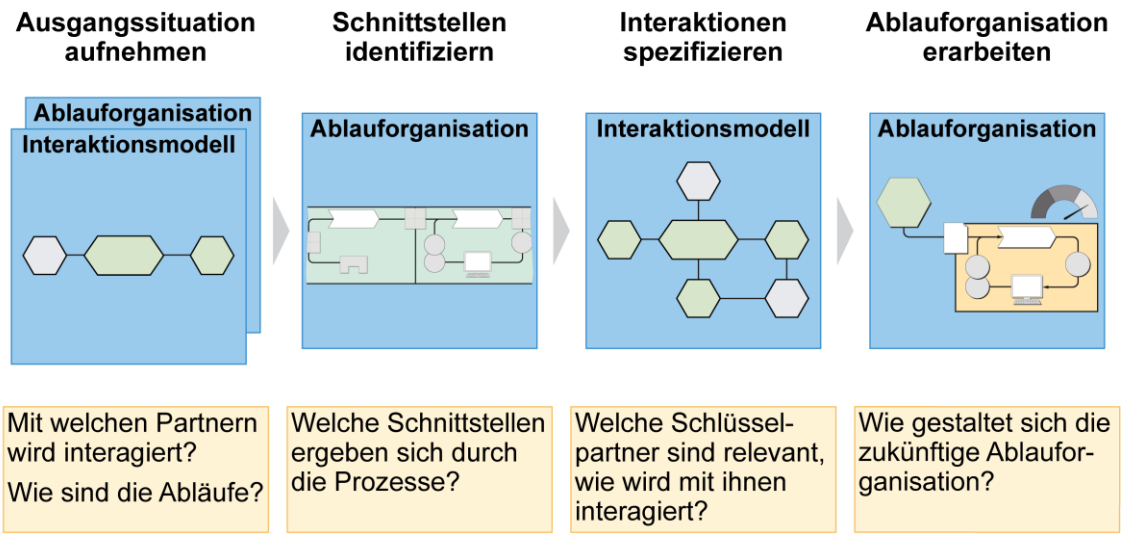

Bild A-5: Arbeiten mit den Partialmodellen für die kooperationsgetriebene Anwendung inklusiver prinzipieller Leitfragen

A1.5 Prozessgeriebene Anwendung

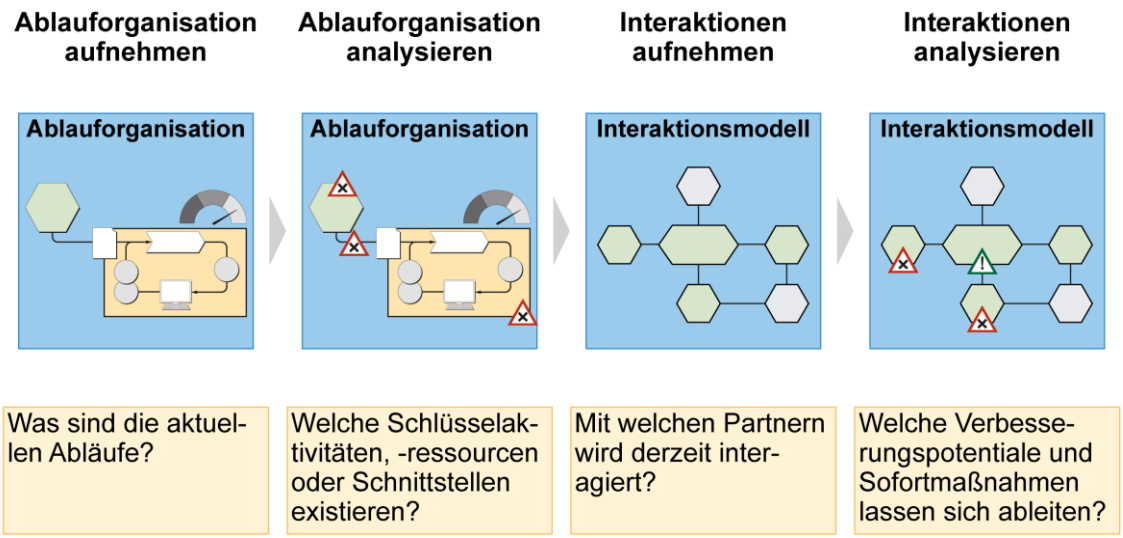

Bild A-6: Arbeiten mit den Partialmodellen für die prozessgetriebene Anwendung inklusiver prinzipieller Leitfragen

Das Heinz Nixdorf Institut – Interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik

Das Heinz Nixdorf Institut ist ein Forschungszentrum der Universität Paderborn. Es entstand 1987 aus der Initiative und mit Förderung von Heinz Nixdorf. Damit wollte er Ingenieurwissenschaften und Informatik zusammenführen, um wesentliche Impulse für neue Produkte und Dienstleistungen zu erzeugen. Dies schließt auch die Wechselwirkungen mit dem gesellschaftlichen Umfeld ein.

Die Forschungsarbeit orientiert sich an dem Programm „Dynamik, Mobilität, Vernetzung: Eine neue Schule des Entwurfs der technischen Systeme von morgen“. In der Lehre engagiert sich das Heinz Nixdorf Institut in Studiengängen der Informatik, der Ingenieurwissenschaften und der Wirtschaftswissenschaften.

Heute wirken am Heinz Nixdorf Institut neun Professoren mit insgesamt 150 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Pro Jahr promovieren hier etwa 20 Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler.

Heinz Nixdorf Institute – Interdisciplinary Research Centre for Computer Science and Technology

The Heinz Nixdorf Institute is a research centre within the University of Paderborn. It was founded in 1987 initiated and supported by Heinz Nixdorf. By doing so he wanted to create a symbiosis of computer science and engineering in order to provide critical impetus for new products and services. This includes interactions with the social environment.

Our research is aligned with the program “Dynamics, Mobility, Integration: Enroute to the technical systems of tomorrow.” In training and education the Heinz Nixdorf Institute is involved in many programs of study at the University of Paderborn. The superior goal in education and training is to communicate competencies that are critical in tomorrows economy.

Today nine Professors and 150 researchers work at the Heinz Nixdorf Institute. Per year approximately 20 young researchers receive a doctorate.

Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

Bd. 359 LEHNER, A.: Systematik zur lösungsmusterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 359, Paderborn, 2016 – ISBN 978-3-942647-78-6

Bd. 360 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 12. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 8. und 9. Dezember 2016, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 360, Paderborn, 2016 – ISBN 978-3-942647-79-3

Bd. 361 PETER, S.: Systematik zur Antizipation von Stakeholder-Reaktionen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 361, Paderborn, 2016 – ISBN 978-3-942647-80-9

Bd. 362 ECHTERHOFF, O.: Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 362, Paderborn, 2016 – ISBN 978-3-942647-81-6

Bd. 363 TSCHIRNER, C.: Rahmenwerk zur Integration des modellbasierten Systems Engineering in die Produktentstehung mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 363, Paderborn, 2016 – ISBN 978-3-942647-82-3

Bd. 364 KNOOP, S.: Flachheitsbasierte Positionsregelungen für Parallelkinematiken am Beispiel eines hochdynamischen hydraulischen Hexapoden. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 364, Paderborn, 2016 – ISBN 978-3-942647-83-0

Bd. 365 KLIEWE, D.: Entwurfssystematik für den präventiven Schutz Intelligenter Technischer Systeme vor Produktpiraterie. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 365, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-84-7

Bd. 366 IWANEK, P.: Systematik zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme im Maschinen- und Anlagenbau. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 366, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-85-4

Bd. 367 SCHWEERS, C.: Adaptive Sigma-Punkte-Filter-Auslegung zur Zustands- und Parameterschätzung an Black-Box-Modellen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 367, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-86-1

Bd. 368 SCHIERBAUM, T.: Systematik zur Kostenbewertung im Systementwurf mechatronischer Systeme in der Technologie Molded Interconnect Devices (MID). Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 368, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-87-8

Bd. 369 BODDEN, E.; DRESSLER, F.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; MEYER AUF DER HEIDE, F.; SCHEYTT, C.; TRÄCHTLER, A. (Hrsg.): Intelligente technische Systeme. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 369, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-88-5

Bd. 370 KÜHN, A.: Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 370, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-89-2

Bd. 371 REINOLD, P.: Integrierte, selbstoptimierende Fahrdynamikregelung mit Einzelradaktorik. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 371, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-90-8

Bd. 372 BÄUMER, F. S.: Indikatorbasierte Erkennung und Kompensation von ungenauen und unvollständig beschriebenen Softwareanforderungen. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 372, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-91-5

Bezugsadresse:
Heinz Nixdorf Institut
Universität Paderborn
Fürstenallee 11
33102 Paderborn

Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

Bd. 373 ECKELT, D.: Systematik zum innovationsorientierten Intellectual Property Management. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 373, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-92-2

Bd. 374 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 13. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 23. und 24. November 2017, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 374, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-93-9

Bd. 375 WESTERMANN, T.: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 375, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-94-6

Bd. 376 JÜRGENHAKE, C.: Systematik für eine prototypenbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme in der Technologie MID (Molded Interconnect Devices). Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 376, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-95-3

Bd. 377 WEBER, J.: Modellbasierte Werkstück- und Werkzeugpositionierung zur Reduzierung der Zykluszeit in NC-Programmen. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 377, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-96-0

Bd. 378 OESTERSÖTEBIER, F.: Modellbasierter Entwurf intelligenter mechatronischer Systeme mithilfe semantischer Technologien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 378, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-97-7

Bd. 379 ABELDGAWAD, K.: A System-Level Design Framework for Networked Driving Simulation. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 379, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-98-4

Bd. 380 JUNG, D.: Local Strategies for Swarm Formations on a Grid. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 380, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-99-1

Bd. 381 PLACZEK, M.: Systematik zur geschäftsmodellorientierten Technologiefrühaufklärung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 381, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-00-2

Bd. 382 KÖCHLING, D.: Systematik zur integrativen Planung des Verhaltens selbstoptimierender Produktionssysteme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 382, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-01-9

Bd. 383 KAGE, M.: Systematik zur Positionierung in technologieinduzierten Wertschöpfungsnetzwerken. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 383, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-02-6

Bd. 384 DÜLME, C.: Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 384, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-03-3

Bd. 385 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 8. und 9. November 2018, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 385, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-04-0

Bezugsadresse:
Heinz Nixdorf Institut
Universität Paderborn
Fürstenallee 11
33102 Paderborn