

Tobias Mittag

***Systematik zur Gestaltung der
Wertschöpfung für digitalisierte
hybride Marktleistungen***

***Approach for the design of value
networks for digitized hybrid
market services***

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 hin zu intelligenten oder vernetzten Produkten, die sowohl in der physischen als auch in der digitalen Welt interagieren. Diese neue Art intelligenter Kombinationen von sach- und oftmals datenbasierten Dienstleistungen ermöglicht einen gegenüber herkömmlichen Produkten enorm gesteigerten Funktionsumfang und völlig neue Geschäftspotentiale. Dies bringt der Begriff der digitalisierten hybriden Marktleistung zum Ausdruck. Demgegenüber stehen häufig historisch gewachsene Wertschöpfungssysteme der Unternehmen, die nicht für eine derartige Leistungserbringung ausgelegt sind. Die Veränderungen in bestehenden Prozessen zwingt Unternehmen dazu, praktisch alle Aktivitäten und Strukturen entlang bestehender Wertschöpfungsketten zu überdenken und anzupassen. Oftmals stellen jedoch eine fehlende Strategie, Ressourcenknappheit sowie fehlendes Knowhow große Hemmnisse bei der Durchführung dar.

Vor diesem Hintergrund hat Herr Mittag eine Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen entwickelt. Die Systematik versetzt Unternehmen in die Lage, die Veränderung der Wertschöpfung strukturiert zu planen und dem nachfolgenden Umsetzungsprozess eine systematische Ausgangslage zu geben. Die Basis bildet eine idealtypische Wertschöpfungsstruktur zur Analyse bestehender Wertschöpfung sowie als Ausgangspunkt der Gestaltung. Grundlage der Gestaltung dafür sind Transformationstreiber. Diese beschreiben Grundbausteine von digitalisierten hybriden Marktleistungen, die in der zukünftigen Wertschöpfungsstruktur abgebildet werden. Ein Vorgehensmodell sowie geeignete Hilfsmittel zur Umsetzung unterstützen beim Einsatz der Systematik. Die Systematik wurde in einem ausgewählten Industriebeispiel anhand einer Dienstleistungsplattform für die additive Fertigung validiert.

Mit seiner Arbeit hat Herr Mittag einen innovativen Beitrag zur Gestaltung von Wertschöpfungssystemen im Zuge der Digitalisierung der industriellen Produktion geleistet. Die Systematik zeichnet sich durch ihre hohe Praxisrelevanz aus und ist ein weiterer wichtiger Beitrag für die Weiterentwicklung der Strategischen Produktplanung und des Systems Engineerings.

Paderborn, im April 2019

Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier

Prof. Dr.-Ing. R. Dumitrescu

Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen

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

genehmigte
DISSERTATION

von
M.Sc. Tobias Mittag
aus Bielefeld

Tag des Kolloquiums:	10. April 2019
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 Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier für das entgegengebrachte Vertrauen sowie für die übertragene Verantwortung. Die fachlichen Diskussionen, Anregungen und die stets konstruktive Kritik haben zu meiner persönlichen und fachlichen Weiterentwicklung beigetragen. Ich blicke auf eine tolle Zeit zurück – vielen Dank hierfür.

Insbesondere möchte ich mich bei Herrn Professor Dr.-Ing. Roman Dumitrescu bedanken; nicht nur für die Übernahme des Korreferats, sondern auch für angenehme Zusammenarbeit in den vergangenen Jahren.

Allen Kolleginnen und Kollegen der Fachgruppe sowie des Fraunhofer-Instituts danke ich für hervorragende und kollegiale Zusammenarbeit sowie die einmalige Kultur, die mich stets motiviert hat. Einen besonderen Wert hatte für mich die intensive Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Marcel Schneider. Du warst ein toller Bürokollege und bist ein noch besserer Freund geworden. Besonders hervorheben möchte ich an dieser Stelle auch Martin Rabe. Es ist toll, seit über 15 Jahren einen so großartigen Freund und Kollegen an meiner Seite zu haben. Dank auch an Dr.-Ing. Peter Iwanek und Dr.-Ing. Arno Kühn für die gemeinsame Zeit und die intensiven Diskussionen rund um die Dissertation.

In besonderer Erinnerung bleiben auch die vielen Studierenden, die mich als studentische Hilfskräfte oder durch studentische Abschlussarbeiten unterstützt und begleitet haben. Hervorheben möchte ich Christina Saprunenko, die mir lange Zeit eine unermüdliche und verlässliche Unterstützung war. Vielen Dank auch an Alexandra Dutschke und Sabine Illigen, die mit ihrer guten Seele immer eine große Unterstützung sind.

Der größte Dank gebührt meine Familie. Insbesondere danke ich meinen Eltern Ute und Peter für den grenzenlosen Rückhalt und euren immerwährenden Einsatz. Meinen Großeltern Erika und Horst danke ich für die großartige Unterstützung, insbesondere während meines Studiums. Der letzte Dank gilt meiner Frau Milena. Was ich für dich empfinde, ist genauso wenig in Worte zu fassen wie das, was du für mich getan hast und jeden Tag aufs Neue tust – Danke für alles!

Paderborn, im April 2019

Tobias Mittag

Liste der veröffentlichten Teilergebnisse

- [RGG+14] RUDTSCH, V.; GAUSEMEIER, J.; GESING, J.; MITTAG, T.; PETER, S.: (2014), Pattern-based Business Model Development for Cyber-Physical Production Systems. In Proc. 8th International Conference on Digital Enterprise Technology – DET 2014 – Disruptive Innovation in Manufacturing Engineering towards the 4th Industrial Revolution, Stuttgart, Germany
- [MGG14] MITTAG, T.; GAUSEMEIER, J.; GRÄBLER, I.; IWANEK, P.; KÖCHLING, D.; PETERSEN, M.: Conceptual Design of a Self-Optimising Production Control System. In Proc. 8th International Conference on Digital Enterprise Technology – DET 2014 – Disruptive Innovation in Manufacturing Engineering towards the 4th Industrial Revolution, Stuttgart, Germany
- [KGJ+16] KÖCHLING, D.; GAUSEMEIER, J.; JOPPEN, R.; MITTAG, T.: Design of a self-optimizing Production control system. In: 14th International DESIGN Conference, Mai 2016
- [MSG16] MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.: Business Model Based Configuration of Value Creation Networks. In: 25th International Association for Management of Technology Conference Proceedings, Band 25, S. 721-738, Orlando, Florida, 15. - 19. Mai 2016 International Association for Management of Technology (IAMOT), IAMOT, 2016
- [SMG16] SCHNEIDER, M.; MITTAG, T.; GAUSEMEIER, J.: Modeling Language for Value Networks. In: 25th International Association for Management of Technology Conference Proceedings, 25th International Association for Management of Technology Conference, Band 25, S. 94 – 110, Orlando, Florida, 15. - 19. Mai 2016 International Association for Management of Technology (IAMOT), IAMOT, 2016
- [EGK+17] 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: Jung, Hans H.; Kraft, Patricia (Hrsg.) Digital vernetzt. Transformation der Wertschöpfung.: Szenarien, Optionen und Erfolgsmodelle für smarte Geschäftsmodelle, Produkte und Services, S. 35-56, Carl Hanser Verlag, 2016
- [MSG+17] MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.; RABE, M.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Auswirkungen von Smart Services auf bestehende Wertschöpfungssysteme. Wissenschafts- und IndustrieForum Intelligente Technische Systeme, Mai 2017, Paderborn (Eingereicht)
- [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 - Abschlussbericht GEMINI. Paderborn, 2017
- [RDG+17] RABE, M.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; KÜHN, A.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.: Impact of smart services to current value networks. Journal of Mechanical Engineering 13(2), 2017
- [KDM+18] KNOSPE, O.; DREWEL, M.; MITTAG, T.; PIERENKEMPER, C.; HOBSCHEIDT, D.: Leistungssteigerung durch Industrie 4.0 für kleine und mittlere Unternehmen. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 1-2, 2018, S. 83–87
- [MRG+18] MITTAG, T.; RABE, M.; GRADERT, T.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Building blocks for planning and implementation of smart services based on existing products. In: 10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, IPSS, 29-31 May, Linköping, Sweden, 2018

Zusammenfassung

Mehr denn je kommt es darauf an, die technologischen Erfolgspotentiale der Digitalisierung in kurzer Zeit zu erschließen. Unternehmen forcieren hierbei vielfach einen Wandel vom Produzenten physischer Güter hin zu einem produzierenden Dienstleister. Die Erstellung digital veredelter Marktleistungen rückt in den Fokus. Neuartige Geschäftsmodelle müssen umgesetzt und leistungsfähige Unternehmensstrukturen geschaffen werden. Etablierten Unternehmen fällt es jedoch häufig schwer, die bewährte Geschäftslogik und die historisch gewachsenen Wertschöpfungssysteme neu zu gestalten.

Ziel dieser Arbeit ist eine Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen. Deren Basis bildet eine idealtypische Wertschöpfungsstruktur zur Analyse bestehender Strukturen sowie als Ausgangspunkt der Gestaltung. Grundlage dieser bilden Transformationstreiber. Sie beschreiben Grundbausteine von digitalisierten hybriden Marktleistungen, die in der zukünftigen Wertschöpfungsstruktur abgebildet werden müssen. Als Hilfsmittel zur Umsetzung werden Referenzlösungen bereitgestellt. Ein Vorgehensmodell und geeignete Werkzeuge unterstützen beim Einsatz der Systematik. Deren Anwendung erfolgt exemplarisch anhand eines Praxisbeispiels im Bereich der additiven Fertigung.

Summary

More than ever, it is important to exploit the technological success potential of digitization in a short period of time. In many cases, companies are forcing a change from a producer of physical goods to a manufacturing service provider. The creation of digitally enhanced market services is moving into focus. New business models must be implemented and efficient corporate structures developed. Established companies, in many cases, find it difficult to redesign the proven business logic and the value-added systems that have evolved over time.

The aim of this thesis is a methodology for the design of the value creation for digitized hybrid market services. Its basis is an ideal typical value-added structure for the analysis of existing structures and as a starting point for the design which is based on transformation drivers. These describe basic building blocks of digitized hybrid market services that must be implemented in the future value creation structure. Reference solutions are provided as tools for implementation. A process model and suitable tools support the use of the system. The application is exemplified by a practical example in the field of additive manufacturing.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	5
1.1 Problematik.....	5
1.2 Zielsetzung	7
1.3 Vorgehensweise	8
2 Problemanalyse	11
2.1 Begriffsdefinition und -abgrenzung	11
2.1.1 Systematik und Gestaltung.....	11
2.1.2 System.....	12
2.1.3 Wertschöpfung	13
2.1.4 Produkt, Dienstleistung und hybride Marktleistung	14
2.1.5 Hybride Wertschöpfung	15
2.1.6 Unternehmensnetzwerke, Kooperationen und Wertschöpfungsnetz- werke	16
2.2 Wandel technischer Systeme	20
2.2.1 Mechatronische Systeme	20
2.2.2 Intelligente Technische Systeme	23
2.2.3 Cyber-Physical Systems.....	24
2.2.4 Bedeutung im Kontext der Arbeit.....	28
2.3 Wandel der Wertschöpfung	29
2.3.1 Digitalisierung in der industriellen Produktion	29
2.3.2 Veränderung der Marktleistung	33
2.3.3 Vom Produkt- zum Serviceanbieter	34
2.3.4 Herausforderungen in kleinen und mittleren Unternehmen	36
2.3.5 Bedeutung im Kontext der Arbeit.....	37
2.4 Gestaltung der Wertschöpfung	38
2.4.1 Evolution der Wertschöpfung.....	38
2.4.2 Zukünftige Wertschöpfung	42
2.4.3 Gestaltung hybrider Wertschöpfung	44
2.4.4 Bedeutung im Kontext der Arbeit.....	47
2.5 Problemabgrenzung	47
2.6 Anforderungen an eine Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen.....	49
3 Stand der Technik	53

3.1	Analyse bestehender Wertschöpfung	53
3.1.1	Supply-Chain-Operations-Reference Modell (SCOR)	53
3.1.2	Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	55
3.1.3	Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI	57
3.1.4	Service-Blueprinting	59
3.2	Einfluss- und Wirkungsanalyse	61
3.2.1	Multidimensionale Skalierung	61
3.2.2	Analyse des systemischen Verhaltens nach GAUSEMEIER UND PLASS	64
3.2.3	Assoziationsanalyse	65
3.2.4	Strukturelles Komplexitätsmanagement	67
3.2.5	Wirkungsanalyse nach AHSEN	69
3.3	Gestaltung der Wertschöpfung	70
3.3.1	Business Engineering Navigator (BEN) nach WINTER	70
3.3.2	Transformation von Unternehmen in die digitale vernetzte Welt nach KISKI	73
3.3.3	Strategische Roadmap nach KOUSHIK und STRAETEN	76
3.3.4	Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöp- fungsnetzwerke	77
3.3.5	Business Transformation für hybride Wertschöpfungsnetzwerke	80
3.3.6	Wissensorientierte Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken nach RITSCH	81
3.3.7	Roadmap für die Digitale Transformation von Geschäftsmodellen nach SCHALLMO	83
3.3.8	Analyse und Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken nach BACH	85
3.3.9	Vorgehen zur Entwicklung einer Industrie 4.0- Einführungsstrategie nach MERZ und SIEPMANN	87
3.3.10	Werkzeugkasten Industrie 4.0 nach ANDERL ET AL.	88
3.3.11	Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber- Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus nach WESTERMANN	90
3.3.12	Technologische Infrastruktur nach PORTER und HEPPELMANN ...	91
3.3.13	Funktionale Struktur produzierender Unternehmen nach GAUSEMEIER ET AL.	93
3.4	Bewertung und Handlungsbedarf	94
4	Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung	99
4.1	Systematik im Überblick	99

4.2	Wertschöpfungsstruktur	101
4.2.1	Spezifikation der zukünftigen Marktleistung.....	101
4.2.2	Spezifikation der originären Wertschöpfung	104
4.2.2.1	Netzwerk-Dimension	105
4.2.2.2	Digitale Dimension.....	107
4.2.2.3	Prozess- und Organisatorische Dimension	109
4.2.3	Variablen zusammenstellen.....	113
4.3	Transformationstreiber	116
4.3.1	Identifikation von Transformationstreibern.....	117
4.3.2	Struktur von Transformationstreibern	120
4.3.3	Konsistenzanalyse der Ausprägungen	123
4.3.4	Auswirkungen auf die Wertschöpfung	124
4.4	Hilfsmittel zur Adaption der Wertschöpfung.....	126
4.4.1	Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen	126
4.4.2	Vorgehen zur Auswahl eines Umsetzungspfades	128
4.4.3	Analyse von Transformationsbereichen	129
4.4.4	Referenzlösungen für die Gestaltung der Wertschöpfung	131
4.4.5	Planung der Umsetzung	134
4.5	Vorgehensmodell zur Gestaltung der Wertschöpfung	135
4.5.1	Phase 1: Wertschöpfungsanalyse	136
4.5.2	Phase 2: Umsetzungskonzipierung	137
4.5.3	Phase 3: Auswirkungsanalyse.....	138
4.5.4	Phase 4: Umsetzungsplanung.....	139
5	Anwendung der Systematik und Bewertung.....	141
5.1	Anwendungsbeispiel: B2B-Plattform für Additive Fertigung	141
5.1.1	Phase 1: Wertschöpfungsanalyse	142
5.1.2	Phase 2: Umsetzungskonzipierung	148
5.1.3	Phase 3: Auswirkungsanalyse.....	152
5.1.4	Phase 4: Umsetzungsplanung.....	156
5.2	Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen	160
6	Zusammenfassung und Ausblick	165
7	Abkürzungsverzeichnis	169
8	Literaturverzeichnis	171

Anhang

A1	Ergänzungen zur Problemanalyse.....	A-1
A2	Ergänzungen zur Systematik zur Adaption der Wertschöpfung	A-2
	A2.1 Geschäftsmodellrahmen nach GEMINI	A-2
	A2.2 Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Wertschöpfung....	A-4
	A2.3 Ausprägungen von Transformationstreibern	A-8
	A2.4 Methoden zur Analyse der Wertschöpfung.....	A-13
	A2.5 Referenzlösungen für die Gestaltung	A-14
	A2.6 Plattformfunktionen für die Gestaltung der Wertschöpfung	A-23

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit resultiert aus Forschungs- und Industrieprojekten, die am HEINZ NIXDORF INSTITUT der UNIVERSITÄT PADERBORN sowie am FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ENTWURFSTECHNIK MECHATRONIK IEM durchgeführt worden sind. Stellvertretend seien an dieser Stelle das im Rahmen des Technologieprogramms „AUTONOMIK FÜR INDUSTRIE 4.0“ des BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWi) geförderte Projekt GEMINI – Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 – sowie das vom EUROPÄISCHEN FONDS FÜR REGIONALE ENTWICKLUNG NRW (EFRE.NRW) geförderte Verbundprojekt „INLUMIA – Instrumentarium zur Leistungssteigerung durch Industrie 4.0“ genannt. Ziel des Projektes GEMINI war ein Instrumentarium zur integrativen Planung von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungssystemen. Ziel des Projekts INLUMIA ist ein Instrumentarium, das Unternehmen bei der Einführung von Industrie 4.0 unterstützt. Die vorliegende Arbeit reiht sich insbesondere in das Projekt GEMINI ein und setzt auf dem im Projekt entwickelten Instrumentarium auf. Sie beschreibt eine *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen*.

1.1 Problematik

Der Trend der zunehmenden digitalen Vernetzung und Verschmelzung von realer und virtueller Welt ist im großen Umfang nicht nur im gesellschaftlichen Umfeld angelangt, sondern erfasst mittlerweile alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche [Mün16, S. 3]. In diesem Zusammenhang hat sich der Begriff der Digitalisierung etabliert. Intelligente Technische Systeme sind aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Dazu gehören Gegenstände, Maschinen und Geräte, die über eigene Sensorik sowie Software verfügen und mit dem Internet verbunden sind. Im Jahr 2015 waren bereits 15 Milliarden Produkte mit dem Internet verbunden, deren Zahl soll sich im Jahr 2020 bereits auf 30 Milliarden belaufen [KRH+14, S. 14]. Die Vision des „Internet der Dinge“ beschreibt diesen Sachverhalt; das Internet wird in die reale Welt verlängert. Dinge des täglichen Lebens werden Teil des Internets [MF10, S. 107]. Diese neue Art von Produkten ermöglicht einen enorm gesteigerten Funktionsumfang und sprengt traditionelle Produktgrenzen.

Die Digitalisierung beschreibt in diesem Zusammenhang eine Kombination aus Zukunftsorientierung, Strategie und Geschäftsmodell, die auf dem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik beruht [Del13, S. 8f.]. Die Entwicklungen in diesem Bereich zeichnen sich seit dem Bestehen der Branche durch eine anhaltende Folge schneller technologischer Fortschritte aus [GB12, S. 19] und dienen als Treiber der Digitalisierung. Sie sind der Treiber für einen tiefgreifenden Wandel, der sich in zwei Dimensionen aufteilen lässt: Die Veränderungen des Nutzens für den Kunden sowie die Gestaltung der

zugehörigen Wertschöpfung [SRA+16, S. 23]. Die genannte Entwicklung kann als Technology-Push¹ verstanden werden. Die Erweiterung des Leistungsvermögens und des Anwendungsspektrums digitaler Technologien führen zu tiefgreifenden Veränderungen im Unternehmensumfeld. Die enormen Möglichkeiten zur Erweiterung bestehender Produkte versetzen sowohl das eigene als auch marktbegleitende Unternehmen in die Lage, ihr Wertversprechen über das eigene Produkt hinaus zu erweitern und so in neue Marktsegmente einzudringen. Die Konkurrenzsituation und damit der Zwang zur Differenzierung steigt an [PH15, S.11]. Parallel steigen die Anforderungen des Markts ebenfalls an. Kunden erwarten zunehmend auf sie abgestimmte individuelle Lösungen und geben sich nicht mehr mit der reinen inkrementellen Verbesserung von physischen Komponenten zufrieden.

Im Zuge der Digitalisierung eröffnen sich den Unternehmen Perspektiven, sich verstärkt vom Wettbewerb zu differenzieren. Die Verfügbarkeit von Sensordaten und Steuerungsmöglichkeiten ermöglicht es Unternehmen beispielsweise individuelle hybride Marktleistungen für ihre Kunden zu generieren und ihre Preispolitik direkt auf sie auszurichten [TNF17, S. 2]. So bietet bspw. die Firma BOGE ihren Kunden eine kontinuierliche Überwachung der eingesetzten Maschinen an und erstellt Prognosen über das zukünftige Laufverhalten und einen möglichen Verschleiß. So können Wartungsintervalle individuell an das Kundenverhalten angepasst bepreist werden [Bog17-ol]. Die Entwicklung verstärkt sich durch Daten-getriebene Geschäftsmodelle, deren Marktleistung sich zu deutlich geringeren Grenzkosten skalieren lässt [KRH+14, S. 15f.]. Unternehmen erkennen, dass gegenwärtige Strategien zu überarbeiten sind, neue Geschäftsmodelle und damit neue Marktleistungen konzipiert und geplant werden müssen. Die einhergehenden Veränderungen in bestehenden Prozessen zwingt Unternehmen dazu, nahezu alle Aktivitäten und Strukturen entlang bestehender Wertschöpfungsketten zu überdenken und das eigene Wertschöpfungssystem darauf aufbauend anzupassen [PH14, S. 4].

Wertschöpfungssysteme bestehen aus verschiedenen Bereichen und zugehörigen Prozessen, bei denen für einen Abnehmer ein materielles oder immaterielles Gut entsteht, und aus deren Abhängigkeiten. Die Realisierung der Prozesse obliegt dabei sowohl dem eigenen Unternehmen als auch von diesem unabhängigen externen Akteuren [Aca11, S. 16]. Die Bedeutung der externen, je nach Bedarf auch branchenfremden, Akteure nimmt weiter zu. Insbesondere der steigende Anteil an digitalen Gütern erfordert eine Kollaboration in Wertschöpfungssystemen [KRH+14, S. 23]. Bestehende Wertschöpfungssysteme sind in den meisten Fällen historisch gewachsen und darauf ausgelegt, physische Produkte herzustellen [EGK+16, S. 50]. Neue Anforderungen, die sich aus digitalisierten hybriden Marktleistungen ergeben, verändern jetzt jedoch eine Vielzahl an Prozessen im

¹ Technology Push bezeichnet technologieinduzierte Innovationen, die sich aus (neuen) technologischen Möglichkeiten ergeben und Vorteilspositionen darstellen [Kle07, S. 120].

Wertschöpfungssystem. Wesentliches Merkmal von diesen ist beispielsweise das sogenannte *uno actu*²-Prinzip. Dies beschreibt die Gleichzeitigkeit von Produktion und Verbrauch [KNP16, S. 123] der Marktleistung in einem Wertschöpfungssystem. Die Marktleistung wird somit nicht mehr in Gänze bevorratet. Ein weiteres Beispiel ist die Notwendigkeit einer veränderten IT-Struktur in den Unternehmen. Sollen Daten gesammelt und ausgewertet werden, müssen entsprechende Strukturen und Kompetenzen bereitgestellt werden. Die Veränderungen betreffen insbesondere auch kleine und mittlere Unternehmen in Deutschland. Jedoch stellen oftmals begrenzte Ressourcen sowie fehlendes Fachwissen Hemmnisse bei der Gestaltung des Wertschöpfungssystems [WWB15, S. 37], [Bis15, S. 2] dar. Vielfach stehen Unternehmen vor der Herausforderung, die verschiedenen Technologien im Hinblick auf die richtige Kombination von technologischer Reife und wirtschaftlichem Potential zu beurteilen und die sich verändernden Bereiche zu erkennen. Vor diesem Hintergrund ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Wie kann eine hybride Marktleistung in einem unternehmensindividuellen Wertschöpfungssystem realisiert werden?
- Welche Bereiche eines bestehenden Wertschöpfungssystems müssen neu gestaltet bzw. angepasst werden, um die zukünftige Marktleistung anbieten zu können?
- Welche neuen Technologien, Fähigkeiten und Interaktionen sind für die Gestaltung dieser Bereiche notwendig?

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Digitalisierung enorme Auswirkungen auf die Wertschöpfung der Zukunft hat. Produkte werden intelligenter und steigern in Kombination mit angebotenen digitalen Services ihren Nutzen um ein Vielfaches. Um sich von Mitbewerbern zu differenzieren und weiterhin erfolgreich am Markt agieren zu können, sehen sich Unternehmen gezwungen, digitalisierte hybride Marktleistungen anzubieten. Die Unternehmen stehen vor der Herausforderung, begrenzte Mittel zielgerichtet einzusetzen und ihre Wertschöpfungssysteme neu zu gestalten, um den zukünftigen Unternehmenserfolg zu sichern. Es besteht daher großer Bedarf in den Unternehmen diese Herausforderungen systematisch angehen.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist eine *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen*. Sie soll insbesondere produzierende Unternehmen befähigen, die Veränderung der Wertschöpfung strukturiert zu planen und dem nachfolgenden Umsetzungsprozess eine systematische Ausgangslage zu geben.

² Der Begriff „*uno actu*“ entstammt dem lateinischen und bedeutet übersetzt „in einem Akt“ oder „ohne Unterbrechung“ [Dud18-ol]

Die Systematik soll sich insgesamt aus vier Bestandteilen zusammensetzen. Erster Bestandteil ist eine **Wertschöpfungsstruktur**, die das generische Abbild eines Wertschöpfungssystems darstellt und allgemeingültig für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus ist. Ein weiterer Bestandteil der Systematik stellen **Transformationstreiber** und deren Ausprägungen dar. Diese repräsentieren die zukünftige, wertschöpfungsseitige Sicht einer Marktleistung. Die Realisierung der Transformationstreiber hat vielfach Auswirkungen auf die bestehende Wertschöpfung und ist der Auslöser für Veränderungen in einem Wertschöpfungssystem. **Hilfsmittel zur Umsetzung** unterstützen den Anwender bei der Auswahl und Realisierung eines geeigneten Umsetzungspfades, um zukünftig digitalisierte hybride Marktleistungen in dem Wertschöpfungssystem erbringen zu können. Ein **Vorgehensmodell** beschreibt detailliert die durchzuführenden Tätigkeiten. Es reicht von der Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung bis zur Gestaltungsplanung und weist die entsprechenden Hilfsmittel den einzelnen Schritten zu.

1.3 Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sechs Kapitel. In **Kapitel 2** wird die bereits skizzierte Problematik durch eine fundierte Problemanalyse präzisiert. Dazu werden zunächst relevante Begriffe eingeführt und das Forschungsfeld der Arbeit eingegrenzt. Ausgangspunkt ist die Beschreibung des Wandels von mechatronischen zu Intelligenten Technischen Systemen und Cyber-Physical Systems. Im Zuge dessen werden die wesentlichen Charakteristika dieser Systeme sowie die mit dem Wandel verbundenen Herausforderungen analysiert. Anschließend wird der Wandel der Wertschöpfung näher betrachtet. Der Fokus liegt auf der Digitalisierung der industriellen Produktion, der Veränderung der Marktleistung und dem einhergehenden Wandel vom reinen Produkt- zum Serviceanbieter. Insbesondere werden dabei die Konsequenzen für kleine und mittlere Unternehmen dargestellt. Darüber hinaus wird die Evolution der Wertschöpfung hin zu hybriden Wertschöpfungssystemen und deren Gestaltung betrachtet. Im Rahmen einer Problemabgrenzung erfolgt die Zusammenfassung der grundlegenden Handlungsfelder. Die Problemanalyse schließt mit der Ableitung von Anforderungen an die angestrebte Systematik.

Kapitel 3 gibt einen Überblick über den Stand der Technik. Die Auswahl der hier analysierten Ansätze orientiert sich an den in Kapitel 2 herausgearbeiteten Handlungsfeldern und den resultierenden Anforderungen. Zunächst werden Ansätze zur Analyse der bestehenden Wertschöpfung vorgestellt. Anschließend werden Methoden und Ansätze betrachtet, welche die Analyse von Auswirkungen zum Ziel haben. Hierzu werden neben qualitativen auch solche Methoden analysiert, die die Auswirkungen quantifizieren und somit messbar machen. Vor dem Hintergrund der Gestaltung der Wertschöpfung werden Ansätze untersucht, die die Gestaltungsthematik in den Fokus stellen. Dazu zählen neben Transformationsansätzen insbesondere solche aus dem Business Engineering. Anschließend werden unterstützende Ansätze zur Gestaltung der Wertschöpfung vorgestellt und

analysiert. Abschließend werden die analysierten Ansätze hinsichtlich der ermittelten Anforderungen aus Kapitel 2 bewertet. Daraus resultiert Handlungsbedarf für die angestrebte Systematik.

Den Kern der vorliegenden Arbeit bildet **Kapitel 4**. Hier wird die Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen vorgestellt und ausgehend von einem Überblick über die Systematik, die einzelnen Bestandteile detailliert betrachtet. Das Fundament der Systematik bildet die Wertschöpfungsstruktur. Darauf aufbauend werden Transformationstreiber und deren Ausprägungen entwickelt und erläutert. Anschließend erfolgt eine Vorstellung der Hilfsmittel zur Umsetzung. Den Abschluss des Kapitels bildet das Vorgehensmodell, das die Tätigkeiten zur Anwendung der Systematik und ihrer Bestandteile steuert.

In **Kapitel 5** wird die durchgängige Anwendung der Systematik und ihrer Bestandteile an einem Praxisbeispiel gezeigt. Anhand einer B2B-Plattform für additive Fertigung wird die Anwendung der Systematik präsentiert. Das Kapitel schließt mit einer Bewertung der Systematik hinsichtlich der definierten Anforderungen aus Kapitel 2.

In **Kapitel 6** werden die zentralen Inhalte der Arbeit zusammengefasst. Des Weiteren wird ein Ausblick auf zukünftige Forschungsfelder gegeben.

Der Anhang umfasst ergänzende Informationen zur Problemanalyse, zum Stand der Technik und zur Systematik.

Das wissenschaftliche Vorgehen in dieser Arbeit orientiert sich an den Richtlinien der Arbeitsgruppe *Strategische Produktplanung und Systems Engineering* des HEINZ NIXDORF INSTITUTS und der Fakultät für Maschinenbau der UNIVERSITÄT PADERBORN. Entstanden ist die Arbeit während der Tätigkeit des Autors als Mitarbeiter der genannten Arbeitsgruppe und des FRAUNHOFER-INSTITUTS FÜR ENTWURFSTECHNIK MECHATRONIK IEM. Die während dieser Zeit geleiteten und bearbeiteten Forschungs- und Industrieprojekte bilden die Basis für die erarbeitete Systematik.

2 Problemanalyse

Ziel der Problemanalyse sind Anforderungen an eine *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen*. In Abschnitt 2.1 werden zunächst die wesentlichen Begriffe der Arbeit abgegrenzt und definiert. Davon ausgehend wird in Abschnitt 2.2 die Entwicklung mechatronischer Systeme hin zu Intelligenten Technischen Systemen beschrieben. Abschnitt 2.3 zeigt den Wandel der Wertschöpfung auf Basis der zunehmenden Digitalisierung der Industrie. Insbesondere wird auf die Änderung der Marktleistung infolge der in Abschnitt 2.2 vorgestellten Entwicklung eingegangen. Ein weiterer Fokus liegt auf dem einhergehenden Wandel von Produkt- zum Serviceanbieter. Abschnitt 2.4 befasst sich mit der Evolution von Wertschöpfungssystemen und den Herausforderungen bei der Gestaltung hybrider Wertschöpfung. Deren Gestaltung beeinflusst die zukünftige Ausrichtung eines Unternehmens. Daher wird die zu entwickelnde Systematik in diesem Abschnitt in das Modell der zukünftigen Unternehmensgestaltung eingeordnet. Abschließend erfolgt in Abschnitt 2.5 eine Abgrenzung des Themas, aus der in Abschnitt 2.6 die Anforderungen an die zu entwickelnde Systematik resultieren.

2.1 Begriffsdefinition und -abgrenzung

Die in den Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.5 diskutierten Begriffsdefinitionen und die in Abschnitt 2.1.6 präsentierten Abgrenzungen sind notwendig, um ein einheitliches Verständnis der verschiedenen Begrifflichkeiten zu schaffen. Dabei erhebt dieser Abschnitt keinen Anspruch auf eine vollständige Diskussion der Literatur.

2.1.1 Systematik und Gestaltung

Ziel der Arbeit ist eine *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen*. Der Begriff **Systematik** orientiert sich im Rahmen dieser Arbeit an der Definition von DUMITRESCU [Dum11, S. 5], [Han55, S. 36]. Demnach beschreibt eine Systematik ein universelles Rahmenwerk, das zusätzlich zu einem Vorgehensmodell auch Hilfsmittel zur erfolgreichen Bearbeitung einer gegebenen Aufgabe zur Verfügung stellt [Dum11, S. 6]. Die Aufgaben, die dieser Arbeit zu Grunde liegen, sind die Identifikation der Auswirkungen digitalisierter hybrider Marktleistungen auf die bestehenden Strukturen sowie die Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfung. **Gestaltung** wird in diesem Zusammenhang als ein Prozess verstanden, bei dem eine Sache (Struktur, Prozess oder materielles Gut, etc.) erstellt, modifiziert oder entwickelt wird [HB09, S. 76].

2.1.2 System

Der Begriff **System** leitet sich ursprünglich von dem griechischen Wort *systema* ab. Er bezeichnet ein aus mehreren Teilen zusammengesetztes und gegliedertes Gebilde [Dud17-ol]. Ein System besteht aus einer Menge von (System-)Elementen, die über jeweilige Eigenschaften verfügen und mittels Beziehungen (Relationen) untereinander verknüpft sind [Pat82, S. 19], [KD96, S. 7], [Ber72, S. 18]. Die einzelnen Systemelemente stellen die verschiedenen Bausteine des Systems dar und sind über die Zuordnung von Eigenschaften charakterisiert. Besteht zwischen den Eigenschaften unterschiedlicher Systemelemente ein Zusammenhang, so entsteht zwischen diesen eine Beziehung oder eine (System-)Relation [Han10, S. 35]. Es gibt zwei Arten von Relationen (siehe Bild 2-1): Ordnungsbeziehungen und Wirkzusammenhänge [Pat82, S. 19].

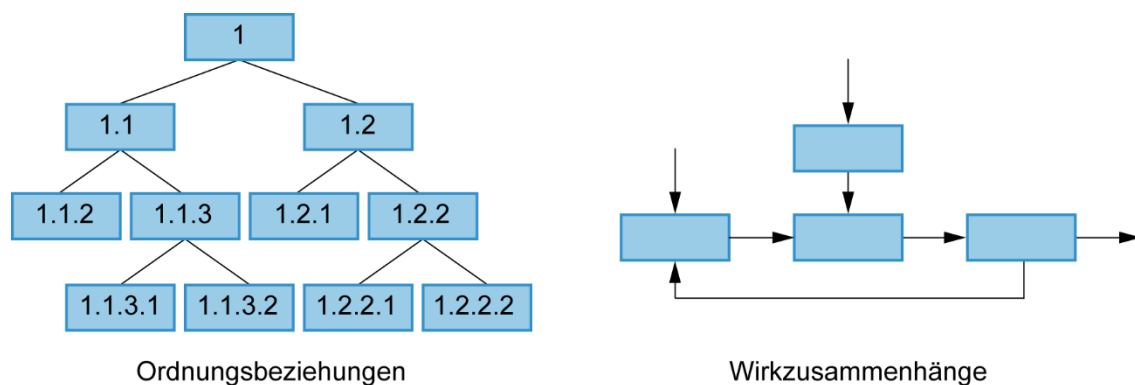


Bild 2-1: Arten von Systemrelationen [TBN+13, S. 43]

Ordnungsbeziehungen geben Systemelementen eine Struktur vor. Bei Wirkzusammenhängen entspricht der Output eines Elements zumindest teilweise dem Input eines anderen Elements. Beide Relationsarten sind gerichtet und geben somit das Abhängigkeitsverhältnis an [KBL13, S. 43]. Wertschöpfungssysteme lassen sich über Wirkzusammenhänge beschreiben. Die Beziehungen der Systemelemente stellen beispielsweise den Güter- oder Informationsaustausch dar.

Die Ganzheit aller Systemelemente und der unterschiedlichen Beziehungen wird als Systemstruktur bezeichnet. Elemente ohne jegliche Beziehung zu anderen Elementen werden nicht zum System gezählt. Damit liegen die unterschiedlichen Elemente nicht als lose Sammlung vor, sondern in einer strukturierten Form. Sämtliche zugehörigen Systemelemente sind von der sogenannten Systemgrenze umgeben. Diese grenzt das System gegenüber seiner Umwelt ab (siehe Bild 2-2) [KBL13, S. 44].

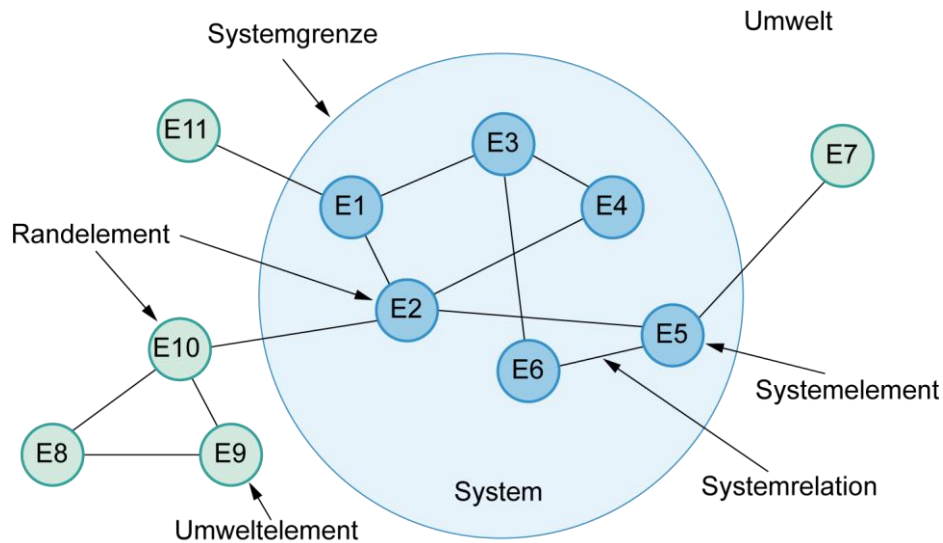


Bild 2-2: Struktur eines Systems nach [KBL13, S. 44]

2.1.3 Wertschöpfung

In der betriebswirtschaftlichen Forschung hat sich bisher kein durchgängiges und einheitliches Begriffsverständnis bzgl. des Begriffs Wertschöpfung durchgesetzt [Bac03, S. 3]. Bezeichnungen wie Wertschöpfung, Wertkette, Wertschöpfungsnetzwerk oder Wertschöpfungsprozess werden in der Praxis oft synonym verwendet. Zentrale Gemeinsamkeit ist der Begriff **Wert**, welcher ein abstraktes Maß für die Brauchbarkeit eines Gutes zur Erfüllung eines bestimmten Zwecks ist [RW11, S. 20]. Die Höhe des Wertes wird vom Endverbraucher definiert und ist über die Menge, die dieser bereit ist zu zahlen, quantifizierbar [WJM+04, S. 41f.], [Por00, S. 63f.]. Der *Wert* eines Gutes ist somit eine subjektive Einschätzung des Verbrauchers und keine allgemeingültige Eigenschaft eines Produktes. Er ist insbesondere abhängig von den Handlungsoptionen der jeweils Bewertenden [RW11, S. 20f.]. Der aus der Volkswirtschaftslehre stammende Begriff **Wertschöpfung**³ bezeichnet im Allgemeinen den Prozess der Werterstellung und fand über die betriebswirtschaftliche Wertschöpfungsrechnung Eingang in die Strategieforschung [SJM08, S. 532]. MÜLLER-STEWENS und LECHNER definieren *Wertschöpfung* als Prozess des Schaffens eines Mehrwertes durch Bearbeitung [ML03, S. 369]. Nach GAITANIDES ist *Wertschöpfung* eine Abfolge von Aktivitäten, die in einem logischen Zusammenhang zu einem Produkt bzw. einer Leistung führen, welche von Kunden nachgefragt wird [Gai96, S. 1682ff.]. BENDER bezeichnet den Wert, den ein Unternehmen in einer bestimmten Zeitspanne durch Leistung erwirtschaftet, als Wertschöpfung [Ben07, S. 94]. Die genannten Definitionen haben gemeinsam, dass *Wert* in einer Abfolge von Prozessen

³ Eine umfangreiche Diskussion zum Begriff Wertschöpfung liefern REDLICH UND WULFSBERG [RW11, S. 22] sowie JANELLO [JAN10, S. 9f.].

oder Aktivitäten erschaffen wird. Die Arbeit folgt einer weitestgehend übereinstimmenden Definition nach PORTER, dass *Wert-erstellende Leistungen* in Prozessen stattfinden, die als Wertschöpfungsaktivitäten bezeichnet werden [Por00, S. 63ff.].

Erweitert wird die Definition um Aspekte des SYSTEM OF NATIONAL ACCOUNTS⁴, wonach der Wertschöpfung ein umfassenderer Produktionsbegriff zugrunde liegt. Darin ist explizit die Gesamtheit der erzeugten **Waren** und **Dienstleistungen** eingeschlossen. In früheren Definitionen und Standardisierungen wurden ursprünglich nur materielle Güter der Wertschöpfung zugeschrieben [Spr17-ol]. In Kombination mit Abschnitt 2.1.2 wird in dieser Arbeit ein System, das alle Wert erstellenden Aktivitäten vereint, als Wertschöpfungssystem bezeichnet.

2.1.4 Produkt, Dienstleistung und hybride Marktleistung

Ein **Produkt** ist die Sachleistung eines Unternehmens welches auf die Befriedigung von Kundenbedürfnissen abzielt. Es ist das materielle Ergebnis von Produktionsprozessen, das entwickelt, produziert und verkauft wird [Fuc07, S. 8]. Hersteller und Verbraucher sind zumeist nicht dieselbe Personen [BKP08, S. 12]. Die Produktion einer Sachleistung erfolgt zeitlich vor ihrem Konsum.

Dienstleistungen sind immaterielle Güter. Es handelt sich um selbstständige, marktfähige Leistungen, die durch juristische oder natürliche Personen erbracht werden [MBH15, S. 14]. Wesentliches Merkmal von Dienstleistungen ist das sogenannte *uno actu-Prinzip*. Dies beschreibt die Gleichzeitigkeit von Erbringung und Konsum der Dienstleistung [KNP16, S. 123]. Der Begriff „Service“ wird in dieser Arbeit synonym für Dienstleistungen verwendet.

Produzierende Unternehmen forcieren gegenwärtig vielfach den Wandel vom Produkthersteller zum Serviceanbieter. Insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau ist zu erkennen, dass die Hersteller von komplexen Erzeugnissen zunehmend Betreiber-, Instandhaltungs- und Optimierungsleistungen anbieten. Diese werden in der Regel zusätzlich oder in Kombination zur Sachleistung angeboten und häufig individuell gestaltet [GP14, S. 160]. Produkt und Dienstleistungen verschmelzen zu integrierten, von Anfang an aufeinander abgestimmten digitalisierten **hybride Marktleistungen**⁵ [MU12, S. 2]. Der Begriff Hybrid hat seine Wurzeln in dem griechischen Wort *hybrida* und bedeutet gebündelt, gekreuzt oder vermischt. Im betriebswirtschaftlichen Sprachgebrauch wird damit im Allgemeinen ein integriertes Leistungsbündel aus einem physischen Produkt und

⁴ Das SYSTEM OF NATIONAL ACCOUNTS ist eine international anerkannte Norm zur Erstellung einer Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Herausgeber der aktuellen Fassung (2008) sind die Europäische Kommission, der internationale Währungsfonds, die Weltbank, die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) sowie die Vereinten Nationen [EIO+08-ol].

⁵ Eine Marktleistung beschreibt das Leistungsangebot eines Unternehmens, welches Sachleistungen, Dienstleistungen und jede Kombination aus diesen umfasst [GDJ+14, S. 160].

einer Dienstleistung verstanden [GB10, S. 8], [Bot07, S. 35f.]. Die einzelnen Bestandteile des Leistungsbündels treten nicht mehr einzeln in Erscheinung, sondern ergeben zusammen ein neues Ganzes. Unternehmen fokussieren sich dabei immer mehr auf Dienstleistungen, die auf der Auswertung großer Datenmengen beruhen [HUB15, S. 665]. In der vorliegenden Arbeit werden diese im Folgenden vereinfacht als hybride Marktleistung bezeichnet

2.1.5 Hybride Wertschöpfung

Hybride Wertschöpfung umfasst die Wertaneignung oder auch Wertschaffung mit hybriden Produkten [BKP08, S. 169] [BK08, S. 169], [BBK+09, S. 110]. Der Ansatz, mit hybriden Produkten Wert zu schaffen, wird zusätzlich in der wissenschaftlichen Diskussion vermehrt als Strategie angesehen [GB10, S. 9], [LG08, S. 248]. Die ersten Arbeiten in diesem Themenfeld befassten sich hauptsächlich mit der systematischen Kombination von Produkten und Dienstleistungen. Im Zentrum standen produktbegleitende Dienstleistungen und die gesamtheitliche Nutzenerbringung beim Kunden [BK08, S. 169]. SPATH ET AL. hingegen definieren als hybride Wertschöpfung,

„...wenn es im Zuge der Integration von Produktion und Dienstleistung nicht nur zu einer Neugestaltung von Leistungsangeboten und Produkten, sondern darüber hinaus zu einer Reorganisation von Wertschöpfungsketten und zur Ausdifferenzierung neuer Geschäftsmodelle kommt“ [SGB07, S. 259].

Das Management hybrider Wertschöpfung umfasst dabei technische, organisatorische und personalwirtschaftliche Herausforderungen [SGB07, S. 259]. Insgesamt stellen neuere Arbeiten die Transformation von Organisationsstrukturen und Geschäftsmodellen, die mit der hybriden Wertschöpfung einhergehen, vermehrt in den Fokus [GB10, S. 9]. Eng verwandt mit dem Begriff der hybriden Wertschöpfung ist die interaktive Wertschöpfung. Die interaktive Wertschöpfung erweitert den Begriff der hybriden Wertschöpfung. Hybride Leistung wird nicht nur innerhalb von Organisationen erbracht, sondern kann auch übergreifend in Wertschöpfungssystemen stattfinden [MK07, S. 195], [RPI09]). Die vorliegende Arbeit unterscheidet die beiden Ansätze nicht. Die Gestaltung hybrider Wertschöpfung wird als unternehmensübergreifender Transformationsprozess angesehen, der Unternehmen unterstützt und in die Lage versetzt, hybride Marktleistungen anbieten zu können. Die beschriebene Wertschöpfung findet oft zwischen verschiedenen Partnern statt. Im Folgenden sollen daher Begriffe abgegrenzt werden, die diesen Sachverhalt adressieren.

2.1.6 Unternehmensnetzwerke, Kooperationen und Wertschöpfungsnetzwerke

Kooperationen zwischen Unternehmen und an der Leistungserstellung beteiligten Partnern werden in einer Vielzahl von Wissenschaftsdisziplinen unter ebenso vielen Begriffsexplikationen analysiert und beschrieben. Dabei werden insbesondere die Begriffe Netzwerk bzw. Unternehmensnetzwerk, Unternehmenskooperation sowie Wertschöpfungsnetzwerk inflationär benutzt (vgl. [Gau09, S. 41], [Syd10, S. 375ff.]). Der Netzwerkbegriff lässt sich primär in zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen unterscheiden: die auf interpersonelle Beziehungen fokussierte Sichtweise der Soziologie sowie die ökonomische Sichtweise der Betriebswirtschaftslehre. Hier liegt der Schwerpunkt auf den intra- und interorganisationalen Verknüpfungen zwischen einzelnen Elementen eines Netzwerkes oder Systems [Gau09, S. 41]. Dabei werden den einzelnen beteiligten Akteuren erwerbswirtschaftliche Ziele unterstellt [BU03, S. 10]. Im Folgenden werden **Unternehmensnetzwerke** ausschließlich aus ökonomischer Sicht betrachtet, welche jedoch verschiedene Formen und Ausprägungen (u.a. Joint-Ventures, strategische Allianzen oder Wertschöpfungspartnerschaften) aufweisen können [Syd05, S. 71f.]. Eine im deutschsprachigen Raum weitverbreitete Definition von Unternehmensnetzwerken stellt SYDOW:

„Ein Unternehmensnetzwerk stellt eine auf die Realisierung von Wettbewerbsvorteilen zielende Organisationsform ökonomischer Aktivitäten dar, die sich durch komplex-reziproke, eher kooperative denn kompetitive und relativ stabile Beziehungen zwischen rechtlich selbständigen, wirtschaftlich jedoch zumeist gegenseitig abhängigen Unternehmen auszeichnet. Ein derartiges Netzwerk, das entweder in einer oder in mehreren miteinander verflochtenen Branchen agiert, ist das Ergebnis einer Unternehmungsgrenzen übergreifenden Differenzierung und Integration ökonomischer Aktivitäten“ [Syd05, S. 79].

Der Definition folgend setzt GAUSMANN den Kooperationsbegriff in Verbindung mit Unternehmensnetzwerken [Gau09, S. 44]. Dabei legt er seiner Arbeit eine Definition nach SCHMIDT zugrunde. Demnach fokussieren **Unternehmenskooperationen** die

„...arbeitsteilige Leistungserstellung zwischen verteilten Aufgabenträgern, Organisationseinheiten oder Organisationen“ [Sch97].

HAUPT definiert Unternehmenskooperationen in Anlehnung an ALTMANN [AP99, S. 7] als

„...die freiwillige Zusammenarbeit von Unternehmen, die rechtlich und in den nicht der vertraglichen Zusammenarbeit unterworfenen Bereichen auch selbständig bleiben. Die Zusammenarbeit erfolgt zu dem Zwecke, durch Zusammenlegung einzelner Unternehmensfunktionen die Leistung der beteiligten Unternehmen zu steigern und dadurch deren Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern [Hau03, S. 24]“.

Durch die Definitionen wird deutlich, dass immer Funktionsbereiche von mindestens zwei unterschiedlichen Unternehmen an Kooperationen beteiligt sind. Das wesentliche Ziel von Kooperationen, die Steigerung der Leistung und die damit einhergehende Erlangung von Wettbewerbsvorteilen gegenüber konkurrierenden Unternehmen, ist auf Grundlage von begrenzten Ressourcen insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) von großer Bedeutung [Hau03, S. 23].

Kooperationen zwischen Unternehmen lassen sich nach KNOBLICH durch drei wesentliche Kriterien differenzieren: nach den Kooperationsbereichen, der Kooperationsrichtung und der Art der Kooperation [Kno69, S. 497ff.]. Kooperationen können zwischen unterschiedlichen Funktionsbereichen in den betroffenen Unternehmen entstehen und dementsprechend verschieden ausgeprägt sein. Einige Kooperationsbereiche sind jedoch in der Literatur sowie in der Praxis von besonderer Relevanz [Gau09, S. 46]:

- **Produktionsnetzwerke** stellen die gemeinsame Produktion von unterschiedlichen Gütern über Unternehmensgrenzen in den Mittelpunkt. Neben produktionsorientierten Zielen sind Marketing und ressourcenorientierte Ziele Betrachtungsgegenstand [BD99, S. 24], [Neu09, S. 7ff.]. In Produktionsnetzwerken konzentrieren sich die einzelnen Partner auf ihre jeweiligen Kernkompetenzen [Dan09, S. 3].
- **Logistiknetzwerke** fokussieren die Organisation des Waren- und Informationsflusses zwischen verteilten Standorten. BAUMGARTEN und DARKOW kombinieren Produktions-, Beschaffungs-, und Distributionsnetzwerke unter dem Oberbegriff des Logistiknetzwerks und sehen es als Weiterentwicklung des Produktionsnetzwerks an [Gau09, S. 9], [BD99, S. 146].
- **Entwicklungsnetzwerke** zielen auf die gemeinsame Entwicklung von Marktleistungen [Rit05, S. 41]. Ziele sind die Erhöhung der Qualität sowie die Senkung der Kosten [Wil99, S. 258].
- **Zuliefernetzwerke** haben den Schwerpunkt bei der gemeinsamen Beschaffung und dem Einkauf von Produkten und Komponenten in Netzwerken [Gau09, S. 46]. Die Leistungsfähigkeit von Zuliefernetzwerken determiniert die des gesamten Netzwerks [Glo09, S. 19].

Im Fokus dieser Arbeit stehen in erster Linie Produktionsnetzwerke. Die Sichtweise wird jedoch auf die Erstellung von Sach- und Dienstleistungen im Sinne hybrider Marktleistungen erweitert.

Die Literatur differenziert zwischen verschiedenen Ausprägungen von Kooperationen bzw. von Unternehmensnetzwerken [GP14, S. 169], [Gau09, S. 49], [Syd01, S. 286]. Diese sind in Bild 2-3 dargestellt und lassen sich durch die Komplexität der zu erstellenden Leistung und der Stückzahl unterscheiden. Im Folgenden werden die einzelnen Arten in Anlehnung an GAUSEMEIER und PLASS [GP14, S. 169] erläutert.

- **Strategische Netzwerke** weisen hierarchische Strukturen auf und werden in der Regel von einem Unternehmen, häufig einem Endprodukthersteller, strategisch geführt. Dieses Unternehmen, auch fokales Unternehmen genannt, bestimmt in großem Umfang die Organisation des gesamten Netzwerkes. Die übrigen Partner sind eng an dieses Unternehmen gebunden (Beispiele sind Zuliefernetzwerke in der Automobilindustrie).
- In **virtuellen Netzwerken** arbeiten unabhängige Unternehmen auf der Basis eines gemeinsamen Geschäftsverständnisses für eine relativ kurze Zeit projektähnlich zusammen. Virtuelle Netzwerke bilden sich auf Grundlage interorganisationaler Informationssysteme und treten dem Abnehmer als ein Unternehmen gegenüber [Gau09, S. 49].
- **Regionale Netzwerke** entstehen auf Grundlage der räumlichen Nähe der sich beteiligten, oft hoch spezialisierten kleinen und mittelständischen Unternehmen. Diese Netzwerke sind oft sehr flexibel und treten insbesondere in Regionen mit einer stimulierenden Atmosphäre und bei Unternehmen mit guten Beziehungen untereinander auf.
- **Operative Netzwerke** (Projektnetzwerke) sind oft zeitlich begrenzt und haben den Zweck, kurzfristig auf die Kapazitäten der Partner zugreifen zu können. Die Transaktionen sind häufig standardisiert.

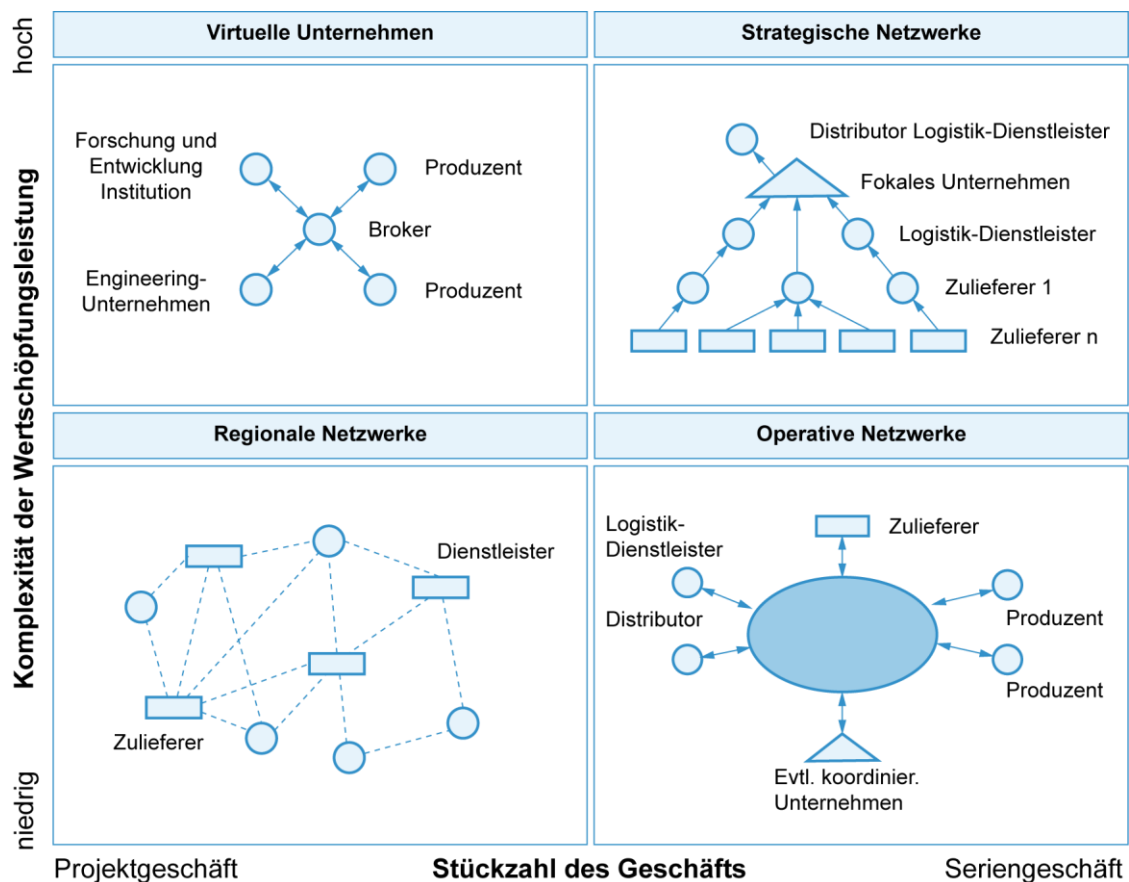


Bild 2-3: Typen von Unternehmensnetzen in Anlehnung an [GP14, S. 168]

Ein **Wertschöpfungsnetzwerk**⁶ wird in der Literatur und Praxis oft synonym als Begriff für Unternehmensnetzwerke benutzt. Ursprünglich lässt er sich auf den von PORTER propagierten Begriff der **Wertkette** zurückführen. Diese diene als analytisches Instrument zur Gliederung und Analyse der strategisch relevanten Tätigkeiten von Unternehmen [Por86]. Die Wertkette beinhaltet sämtliche Prozesse in logistischer Abhängigkeit, die zu einer definierten Wertschöpfung beitragen (vgl. Abschnitt 2.1.3) [Lüc96, S. 193ff.].

Der Ausdruck **Wertschöpfungsnetzwerk** wurde erstmalig von JOHNSTON und LAWRENCE⁷ eingeführt. Sie definieren ein Wertschöpfungsnetzwerk als die Kooperation von Unternehmen aus aufeinander folgenden Wertschöpfungsstufen einer *Wertkette* [JL88, S. 64]. Es entspricht damit einer vertikalen Kooperation. Eine weitergehende Definition liefert BENDER, der den Begriff um die fallweise Kooperation erweitert und auch die Art der Kooperation offen lässt [Jan10, S. 17]:

„Wertschöpfungsnetzwerke sind ihrer Struktur nach dezentrale polyzentrische Netzwerke, die gekennzeichnet sind durch komplex reziproke Beziehungen auf der Grundlage von Verknüpfungen zwischen autonomen, rechtlich selbstständigen Einheiten oder Akteuren. Sie bilden einen Pool von potentiellen Wertschöpfungspartnern, die fallweise zu Wertschöpfungsprozessen konfiguriert werden. Die Entstehung ist ökonomisch motiviert und auf die nachhaltige Erzielung von ökonomischem Mehrwert ausgerichtet. Rückgrat der Kommunikation und Interaktion bildet ein verteiltes Informationssystem“ [Ben07, S. 96].

Eine detaillierte Beschreibung der Zusammenhänge zwischen der Wertkette und dem Wertschöpfungsnetzwerk bzw. einem Wertschöpfungssystem erfolgt in Abschnitt 2.4.1. Übergeordnetes Ziel von Wertschöpfungsnetzwerken ist die Erlangung kollaborativer Wettbewerbsvorteile, die Unternehmen individuell nicht erreichen können. Wenn sich die Partner auf ihre jeweiligen Kernkompetenzen fokussieren, kann dem Zielkonflikt zwischen Spezialisierung und möglichst hoher Leistungsvielfalt begegnet werden [Bac03, S. 3]. Unternehmen wird es durch die beschriebene Kooperation ermöglicht, einen höheren Wert zu erschaffen (vgl. Abschnitt 2.1.3). Laut GAUSEMEIER erfolgt die Beschreibung, wie ein Unternehmen Werte schafft, im Geschäftsmodell. Dieses stellt ein abstraktes Abbild der Geschäftslogik eines Unternehmens⁸ dar [GKR13, S. 9]. Demnach liegt jedem Wertschöpfungsnetzwerk ein entsprechendes Geschäftsmodell zugrunde.

⁶ Eine ausführliche theoretische Auseinandersetzung mit dem Begriff „Wertschöpfungsnetzwerk“ liefert GAUSMANN [GAU09, S. 50ff.].

⁷ JOHNSTON und LAWRENCE sprechen von *value-adding Partnership*. Dies entspricht der deutschen Übersetzung des Wertschöpfungsnetzwerks [JL88, S.1], [Hag17].

⁸ Eine detaillierte Betrachtung des Zusammenhanges zwischen Geschäftsmodell und Wertschöpfungssystem erfolgt in Kapitel 2.4.2.

Wertschöpfungsnetzwerke sind eng verwandt mit **Supply-Chain-Netzwerken** bzw. dem **Supply-Chain-Management (SCM)**. Dennoch ist es notwendig, beide voneinander abzugrenzen. SCM befasst sich mit der integrierten prozessorientierten Planung und Steuerung von unternehmensinternen und -übergreifenden Waren-, Informations- und Geldflüssen [KH02, S. 10], [SJ99, S. 7f.]. Dabei fokussiert sich SCM insbesondere auf Branchen mit physisch vorliegenden Gütern. Der Begriff des Wertschöpfungsnetzwerks kann weiter gefasst werden und wird eher als generische Zulieferer-Abnehmer-Kooperation angesehen. Fokussiertes Ziel des SCM ist insbesondere die Reduzierung von Lagerbeständen, die Verkürzung von Durchlaufzeiten sowie die gesteigerte Kapazitätsauslastung. Dies sind in der Regel kostenorientierte Ziele, wohingegen bei Wertschöpfungsnetzwerken verstärkt marktorientierte Ziele (bspw. die Steigerung des Kundennutzens) im Vordergrund stehen [Hag17, S. 18]. Ähnlich wie bei Wertschöpfungsnetzwerken wird jedoch auch die Idee der zwischenbetrieblichen Integration von Unternehmensaktivitäten mit dem Ziel verfolgt, bisher nicht genutzte Potentiale in der Lieferkette zu erschließen [Aff02, S. 13]. Supply-Chains können daher als Teilbereich des Wertschöpfungsnetzwerks angesehen werden. SCM fokussiert den Fluss der Objekte durch das Netzwerk der Wertschöpfungspartner. Dieses erstreckt sich vom Rohstofflieferanten bis zum Endverbraucher [Bec13, S. 2].

2.2 Wandel technischer Systeme

Die aktuellen Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik revolutionieren die Produkte [GCD15, S. 11]. Während die Erzeugnisse des Maschinen- und Anlagenbaus früher zu großen Teilen aus mechanischen und elektrischen Komponenten bestanden, vollzieht sich aktuell ein Wandel hin zu sogenannten Cyber-Physical Systems (CPS). Derartige Systeme sind in der Lage, sich ihrer Umgebung und den Wünschen der Anwender anzupassen. Auf dieser Basis lassen sich kundenindividuelle und um Service Aspekte erweiterte Systeme konzipieren, um den Nutzen für den Kunden weiter zu steigern [PH15, S. 5]. Im folgenden Abschnitt wird der Innovationssprung, ausgehend von mechatronischen Systemen, über Intelligente Technische Systeme (ITS) und CPS, bis hin zu sogenannten Produkt-Service Systemen beschrieben. Dafür werden in Abschnitt 2.2.1 zunächst mechatronische Systeme charakterisiert. Sie bilden die Grundlage für die in Abschnitt 2.2.2 beschriebenen Intelligenen Technischen Systeme und Cyber-Physical Systems. Diese sind Gegenstand von Abschnitt 2.2.3 und werden um Service Aspekte erweiterte.

2.2.1 Mechatronische Systeme

Zentraler Bestandteil der von Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus am Markt angebotener Leistungen ist das physische Produkt. Dieses besteht oftmals aus einem mechatronischen System und beruht auf dem engen Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik. Das Zusammenwirken dieser Disziplinen

wird durch den Begriff Mechatronik, ein Kunstwort aus den Worten Mechanik und Elektronik, zum Ausdruck gebracht [Gau10, S. 14], [GDS+13, S. 13], [VDI2206, S. 2f.]. Der Begriff Mechatronik ist bis heute nicht einheitlich definiert und unterliegt einer kontinuierlichen Weiterentwicklung [Vaß15, S. 21]. Im Rahmen dieser Arbeit wird Mechatronik gemäß der VDI-Richtlinie 2206 nach HARASHIMA, TOMIZUKA und FUKUDA als das synergetische Zusammenwirken der Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik beim Entwurf und der Herstellung industrieller Produkte und Prozesse verstanden⁹ [VDI2206, S. 14], [HTF96, S. 1f.].

Mechatronische Systeme weisen trotz hoher Variantenvielfalt alle eine identische Grundstruktur bzw. Referenzarchitektur auf [GTS14, S. 27]. Bild 2-4 stellt die Grundstruktur in Anlehnung an die VDI2206 dar [VDI2206, S. 14].

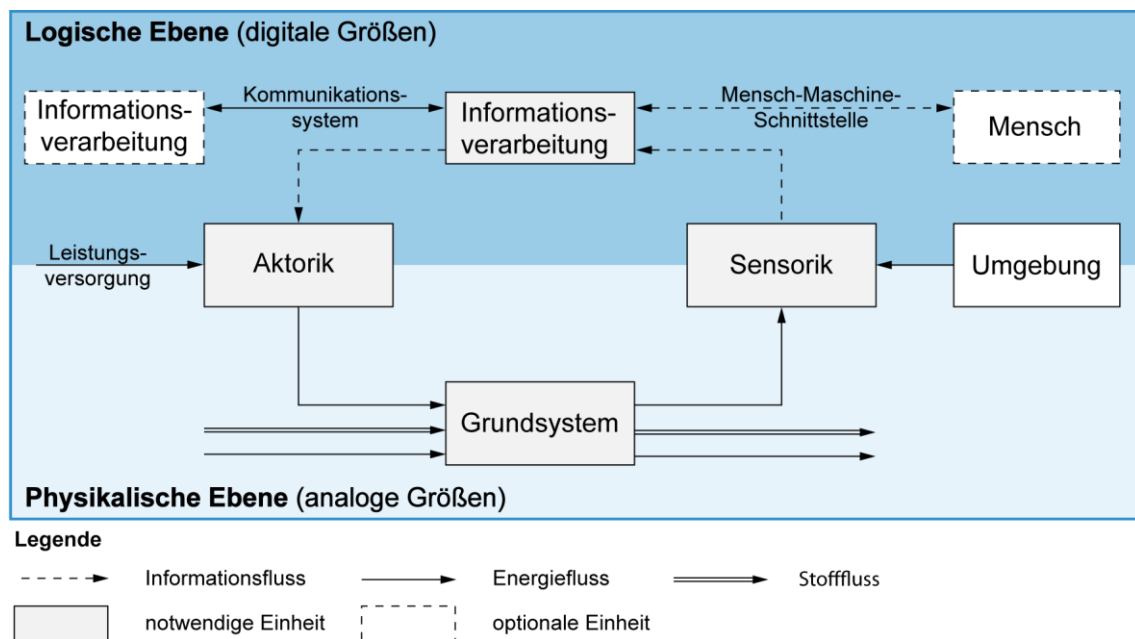


Bild 2-4: Grundstruktur eines mechatronischen Systems nach [VDI2206, S. 14]

Mechatronische Systeme bestehen in der Regel aus einem Grundsystem, einer Sensorik, einer Informationsverarbeitung und einer Aktorik. Der Mensch kann über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle Einfluss auf das System nehmen. Der Informationsaustausch mit anderen (technischen) Systemen erfolgt über ein Kommunikationssystem [GTS14, S. 27]. Das **Grundsystem** stellt das Kernelement der physikalischen Ebene dar. In der Regel besteht es aus mechanischen, elektromechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Einheiten. Die **Sensorik** erfasst neben ausgewählten Zustandsgrößen des Grundsystems auch äußere Einflüsse auf das System. Die ermittelten Werte werden an die **Informationsverarbeitung** weitergeleitet. Diese stellt das zentrale Element der logischen

⁹ Übersetzung nach [HTF96, S. 1f.]: [...] „the synergetic integration of mechanical engineering with electronic and intelligent computer control in the design and manufacturing of industrial products and processes“.

Ebene dar. Die Hauptaufgabe besteht in der Herleitung erforderlicher Reaktionsmaßnahmen, um den gewünschten Zustand des Grundsystems zu realisieren. Die Umsetzung der Reaktionsmaßnahmen erfolgt durch die Aktorik am Grundsystem [GTS14, S. 27ff.], [VDI2206, S. 15]. Die beschriebenen Elemente des mechatronischen Systems sind durch unterschiedliche Beziehungen miteinander verbunden [VDI2206, S. 15]. Diese werden in Anlehnung an PAHL/BEITZ in drei Flussarten unterschieden: Stoff-, Energie- und Informationsfluss [FG13, S. 241].

Es gibt eine Vielfalt an mechatronischen Systemen ist, die sich nach GAUSEMEIER ET AL. in drei Klassen unterscheiden lässt (siehe Bild 2-5).



Bild 2-5: Klassen mechatronischer Systeme [GTS14, S. 26]

Systeme der ersten Klasse charakterisieren sich durch die hohe räumliche Integration von Mechanik und Elektronik auf kleinem Bauraum. Die wesentlichen Erfolgspotentiale dieser Systeme liegen in der Miniaturisierung, der Funktionsintegration, der höheren Zuverlässigkeit und den geringen Herstellungskosten. Die vorrangige Aufgabe liegt in der Aufbau- und Verbindungstechnik [GTS14, S. 26].

Mechatronische Systeme der zweiten Klasse sind Mehrkörpersysteme mit kontrolliertem Bewegungsverhalten. Der Fokus liegt auf der Verbesserung der Verhaltensweise. Diese Systeme sind auf Grund einer Sensor-Aktor-Verknüpfung sowie einer Informationsverarbeitung in der Lage, eigenständig auf Veränderungen in ihrer Umgebung zu reagieren. Die zentrale Aufgabe liegt in der ganzheitlichen Optimierung des Gesamtsystems [KBL13, S. 26].

Die dritte Klasse bildet die intelligente Mechatronik mit inhärenter Teilintelligenz. Diese Systeme zeichnen sich durch eine hohe Komplexität und Interdisziplinarität aus. Im folgenden Abschnitt werden diese Systeme detaillierter betrachtet [KBL13, S. 26].

2.2.2 Intelligente Technische Systeme

Die Entwicklung in der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) zeichnet sich durch einen andauernden und schnellen technologischen Fortschritt aus [GB12, S. 19]. Die dadurch ermöglichte Nutzung immer höherwertigerer regelungstechnischer-, informationstechnischer und mathematischer Verfahren zur Informationsanalyse und -verarbeitung führt zu einer weiteren Steigerung der Leistungsfähigkeit mechatronischer Systeme [Kah13, S. 16]. Es eröffnen sich neue Perspektiven: mechatronische Systeme mit inhärenter Teilintelligenz. Diese Intelligenten Technischen Systeme (ITS) erfassen mithilfe von Sensorik Daten der realen Welt, verarbeiten diese, kombinieren sie mit externen Daten und können sich ihrer Umwelt und dem Verhalten ihrer Nutzer im Betrieb anpassen. ITS stiften somit einen höheren Nutzen, sparen Ressourcen und sind intuitiv zu bedienen [GDS+13, S. 13]. Sie lassen sich durch vier charakteristische Merkmale beschreiben: Sie sind adaptiv, robust, vorausschauend und benutzungsfreundlich [DJG12, S. 24f.], [Eur09-ol, S. 27], [Iwa17, S. 7].

- **Adaptiv:** Die Systeme interagieren mit dem Umfeld, passen ihr Systemverhalten diesem autonom an und sind in der Lage, ihr Umfeld zu verändern. Sie können sich während des Betriebes in einem vom Entwickler vorgesehenen Rahmens weiterentwickeln und sichern so langfristig ihre Existenz.
- **Robust:** Die Systeme sind fähig, auch in einem dynamischen Umfeld mit unerwarteten Situationen, welche vom Entwickler explizit nicht berücksichtigt wurden, autonom zu agieren. Fehlende Informationen und Unsicherheiten können bis zu einem gewissen Grad ausgeglichen werden.
- **Vorausschauend:** Auf der Basis von Erfahrungswissen sind die Systeme in der Lage, künftige Wirkungen, Einflüsse und mögliche Zustände zu antizipieren. So können Potentiale für den zukünftigen Betrieb erkannt und das Verhalten angepasst werden. Des Weiteren werden so potentielle Gefahren frühzeitig erkannt und passende Strategien zur Bewältigung ausgewählt.
- **Benutzungsfreundlich:** Die Systeme sind in der Lage, sich dem spezifischen Benutzerverhalten anzupassen und bewusst mit dem Benutzer zu interagieren. Das Verhalten des Systems bleibt für den Benutzer stets nachvollziehbar.

Die Steigerung der Intelligenz technischer Systeme beruht auf der Steigerung dieser vier Eigenschaften. Wesentlicher Aspekt für die Entwicklung von mechatronischen Systemen zu Intelligenten Technischen Systemen ist die Art der Informationsverarbeitung. Im Vergleich zu mechatronischen Systemen verfügen Intelligente Technische Systeme nicht über eine starre Kopplung zwischen Sensorik und Aktorik. Bei mechatronischen Systemen handelt es sich um reaktive Systeme, welche anhand fester Vorgaben auf äußere

Einflüsse reagieren. Durch die Erweiterung dieser starren Funktion um Kognition¹⁰ entstehen gänzlich neue Funktionen und Verhaltensweisen, die bisher nicht möglich waren. Die Integration kognitiver Funktionen ermöglicht eine Anpassung der Systeme an ihre Umgebung sowie an die Wünsche der Anwender (siehe Bild 2-6) [Dum11, S. 27]. Solche kognitiven Systeme bieten ein hohes Maß an Verlässlichkeit sowie Resilienz. Ihre volle Funktionalität erreichen diese Systeme jedoch erst durch Vernetzung und das Zusammenwirken verschiedener intelligenter technischer Einzelsysteme [GAC+13, S. 14]. In diesem Zusammenhang spricht man von *Cyber-Physical Systems*.

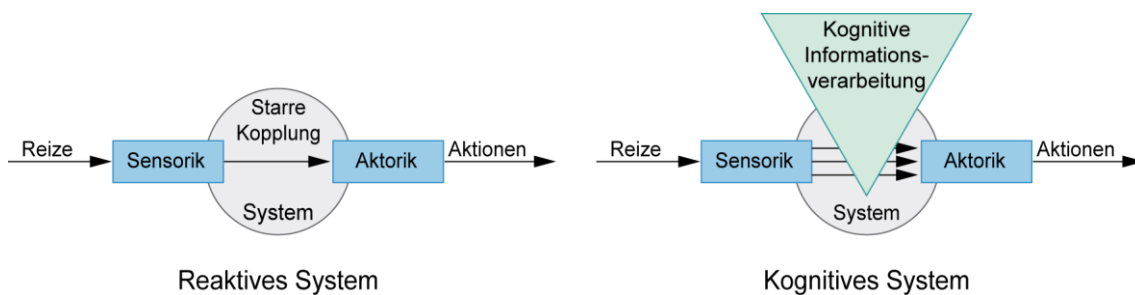


Bild 2-6: Gegenüberstellung eines reaktiven und eines kognitiven Systems [Str98], S. 6]

2.2.3 Cyber-Physical Systems

Cyber-Physical Systems sind das Ergebnis einer kontinuierlichen Weiterentwicklung und integrierten Nutzung von zwei wesentlichen Innovationsfeldern: zum einen die bereits beschriebenen Innovationssprünge mechatronischer Systeme und Intelligenter Technischer Systeme, zum anderen die Entwicklungen globaler Datennetze wie dem Internet mit interaktiven und verteilten Anwendungssystemen [GB12, S. 20]. Ähnlich wie bei mechatronischen Systemen gibt es keine einheitliche Definition von CPS, jedoch ein übereinstimmendes Verständnis, welches Platz für eine unterschiedliche Schwerpunktsetzung lässt [VDI13, S.2]. ACATECH¹¹ beschreiben CPS beispielsweise wie folgt:

„Cyber-Physical Systems (CPS) sind gekennzeichnet durch eine Verknüpfung von realen (physischen) Objekten und Prozessen mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze [VDI13, S.2].“

¹⁰ Kognition ist Teil der Kognitionswissenschaft bzw. der Kognitionspsychologie sowie von Teilbereichen der Neurowissenschaften, Linguistik, Philosophie oder Informatik. Die moderne Psychologie und Kognitionswissenschaft bezeichnet Kognition als Fähigkeit des Menschen, sich intelligent und flexibel zu verhalten [Str96, S. 303], [Len02, S. 9].

¹¹ ACATECH ist die Bezeichnung für die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.

Eine weitere Definition im deutschsprachigen Raum existiert von BROY. Er beschreibt CPS wie folgt:

*„Cyber-Physical Systems adressieren die enge Verbindung eingebetteter Systeme¹² zur Überwachung und Steuerung physikalischer Vorgänge mittels Sensoren und Aktuatoren über Kommunikationseinrichtungen mit den globalen digitalen Netzen (dem „Cyberspace“)
[Bro10, S. 17].*

PORTER UND HEPPELMANN bezeichnen CPS als smarte Produkte, die aus drei Kernelementen¹³ bestehen. Diese verfügen neben dem bereits erwähnten Grundsystem und der Informationsverarbeitung (vgl. Abschnitt 2.2.1) über Vernetzungskomponenten, welche unterschiedliche Kommunikationsformen mit anderen Systemen ermöglichen. Die wesentlichen Aufgaben der Vernetzungskomponenten sind der Datenaustausch zwischen dem Produkt, seinem Umfeld, dem Nutzer oder dem Hersteller und die Auslagerung bestimmter Produktfunktionen auf externe Server. Die Funktionen dieser Systeme lassen sich in vier Bereiche gliedern: Überwachung, Steuerung, Optimierung und Automatisierung. Jede einzelne Funktion ist bereits von Nutzen für den Anwender und stellt die Grundlage für die nächste Stufe dar. So bilden Überwachungsfunktionen die Grundlage für die Steuerung und Optimierung von Produkten [PH15, S. 7].

Alle Definitionen und Beschreibungen heben die Verknüpfung bzw. den Datenaustausch hervor. Insbesondere die Vernetzung über globale Datennetze ist eine wesentliche Grundlage von CPS.

CPS eröffnen gänzlich neue Systemfunktionen. Das Zusammenspiel von Systemen, Software und neuartiger Nutzerschnittstellen in Verbindung mit einer Vernetzung unterschiedlicher Systeme ermöglicht einen stark gesteigerten Kundennutzen [Bro10, S. 21]. Sie ermöglichen Unternehmen, sich vorteilhaft im Wettbewerb zu positionieren und sich von der Konkurrenz zu differenzieren [GDJ+14, S.7ff.].

¹² Definition eingebetteter Systeme nach BROY ET AL.: „Ein eingebettetes System [...] ist eine Software-/Hardware-Einheit, die über Sensoren und Aktuatoren mit einem Gesamtsystem verbunden ist und darin Überwachungs-, Steuerungs- beziehungsweise Regelungsaufgaben übernimmt. In der Regel handelt es sich bei eingebetteten Systemen um reaktive, häufig auch um hybride, verteilte Systeme mit Echtzeitanforderungen. Typischerweise sind solche Systeme dem menschlichen Benutzer nicht direkt sichtbar, er interagiert unbewusst mit dem eingebetteten System“ [BBK98, S. 13].

¹³ PORTER fasst mechanische und elektrische Bauteile zu physischen Komponenten zusammen. Diese entsprechen dem Grundsystem eines mechatronischen Systems. Sensoren, Mikroprozessoren, Datenspeicher, Steuerungselemente und Software fasst er als intelligente Komponenten zusammen. Diese entsprechen, bis auf die Sensoren, der Informationsverarbeitung [PH15]. Zum besseren Verständnis dieser Arbeit wird die Bezeichnung eines mechatronischen Systems synonym verwendet.

Im Rahmen dieser Arbeit werden in Anlehnung an WESTERMANN [Wes17, S. 12f.] Systeme als Cyber-Physical-System definiert, die folgende Charakteristika aufweisen [Aca11, S. 13], [GB12, S. 22]:

- Sie bestehen aus einem **physikalischen Grundsystem**, welches in der Regel eine mechanische, elektromechanische, pneumatische oder hydraulische Struktur aufweist oder eine Kombination aus den Genannten ist.
- Sie erfassen durch **Sensoren** unmittelbar Daten und wirken mit **Aktoren** auf ihre Umwelt ein.
- Sie werten Daten mittels **Informationsverarbeitung** aus, sind in der Lage diese zu speichern und mit der physikalischen oder digitalen Welt zu kommunizieren.
- Sie sind mittels **Kommunikationssystemen** miteinander verbunden.
- Sie sind in der Lage weltweit **Daten und Dienste**¹⁴ zu nutzen.
- Sie verfügen über eine Anzahl multimodaler **Mensch-Maschine-Schnittstellen** (HMI) und stellen somit für die Kommunikation und Steuerung verschiedenste dedizierte Möglichkeiten zur Verfügung.

Die Kommunikations- und Vernetzungsmöglichkeiten der CPS führen zu einer zunehmenden Öffnung vormals geschlossener Systeme. Die physikalische Welt wird zunehmend mit der virtuellen verknüpft [Aca11, S. 10]. Die Vision des **Internet der Dinge** beschreibt diesen Sachverhalt; das Internet wird in die reale Welt verlängert. Dinge des täglichen Lebens werden Teil des Internets [MF10, S. 107]. Diese neue Art von Produkten ermöglicht einen gegenüber herkömmlichen Lösungen enorm gesteigerten Funktionsumfang und sprengt so traditionelle Produktgrenzen.

Die Begriffe ITS und CPS sind eng miteinander verwandt, neben einer Vielzahl an Gemeinsamkeiten unterscheiden sie sich jedoch in einigen Aspekten. Ein zentraler Abgrenzungspunkt besteht in der Kommunikation mit anderen Systemen. CPS sind laut Definition mit anderen Systemen vernetzt, ITS sehen die Möglichkeit zwar vor, gelten aber auch ohne die Vernetzung als Intelligentes Technisches System. Ein zweiter Punkt ist die Nutzung weltweit verfügbarer Daten und Dienste, wie beispielsweise Wetterdaten oder Navigationsdaten. Die Nutzung dieser Möglichkeiten sehen CPS per Definition vor, ITS jedoch nicht [Wes17, S. 13].

¹⁴ Im Bereich der Cyber-Physical Systems benutzen GEISBERGER/BROY den Begriff Dienste als einen „...abstrakte[n] Begriff für Dienstleistungen von Systemen und Menschen“ [GB12, S. 244]. KAGERMANN ET AL. definieren Dienste als „...das Bereitstellen von Leistungen zur Erfüllung eines definierten Bedarfs“ [KWH13, S. 85]. Der Begriff „Service“ ist in dieser Arbeit synonym verwendet.

Die Vielfalt sowie die Anwendungsbereiche von CPS oder ITS sind groß. Eine Kategorisierung ist nicht einfach vorzunehmen, da sich Teilaspekte in unterschiedlichen Anwendungen überschneiden. Der Spitzencluster it's owl¹⁵ hat eine erste Unterteilung vorgenommen (siehe Bild 2-7), die dieser Arbeit zu Grunde liegt. Dabei werden die Systeme in vier Kategorien eingeteilt:

Autonome Systeme lösen komplexe Aufgaben innerhalb bestimmter Anwendungsdomänen selbstständig. Sie sind in der Lage, Ereignisse und Aktionen im Betrieb zu lernen, die so nicht vorgedacht waren [Dum17].

Interaktive sozio-technische Systeme passen sich flexibel an die Bedürfnisse des Anwenders an und sind in der Lage, sich selbst zu erklären. Sie nutzen multimodale Interaktionsmöglichkeiten und intensivieren die physische und kognitive Interaktion [Dum17].

Dynamisch vernetzte Systeme bilden komplexe Systeme, deren Funktionalität und Leistungsfähigkeit die der jeweiligen Einzelsysteme übersteigt. Sie sind als System of Systems¹⁶ zu verstehen, deren Einzelsysteme, die unabhängig voneinander entwickelt worden sind, agieren können [Dum17].

Produkt-Service-Systeme sind (digitalisierte) hybride Leistungsbündel, die auf einer engen Verzahnung von Dienst- und Sachleistungen beruhen. Sie ermöglichen eine bedarfsgerechte Problemlösung durch smarte Dienste auf Basis von Daten [Dum17].

Von besonderer Bedeutung für diese Arbeit sind die Produkt-Service-Systeme. Diese sind die Grundlage für die Gestaltung der hybriden Wertschöpfung und werden daher in Abschnitt 2.2.4 detaillierter betrachtet. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff hybride Marktleistung synonym für Produkt-Service-Systeme verwendet.

¹⁵ Im Technologie-Netzwerk INTELLIGENTE TECHNISCHE SYSTEME OSTWESTFALENLIPPE (IT'S OWL) haben sich über 180 Unternehmen, Hochschulen und weitere Partner der Region zusammengeschlossen. Ziel der beteiligten Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Organisationen ist es, gemeinsam den Innovationssprung von der Mechatronik zu Intelligenten Technischen Systemen zu gestalten und die Spitzenposition auf diesem Gebiet einzunehmen [its17-ol].

¹⁶ MAIER definiert ein System of Systems als ein System, das aus mehreren einzelnen Systemen besteht. System of Systems weisen zwei charakteristische Merkmale auf: 1) die individuellen Systeme erfüllen einen eigenen Zweck. Es besteht die Möglichkeit, dass sie unabhängig voneinander oder von dem übergeordneten System betrieben werden können. 2) Die einzelnen Systeme werden unabhängig voneinander entwickelt und sind getrennt voneinander zu erwerben [Mai98, S. 272].

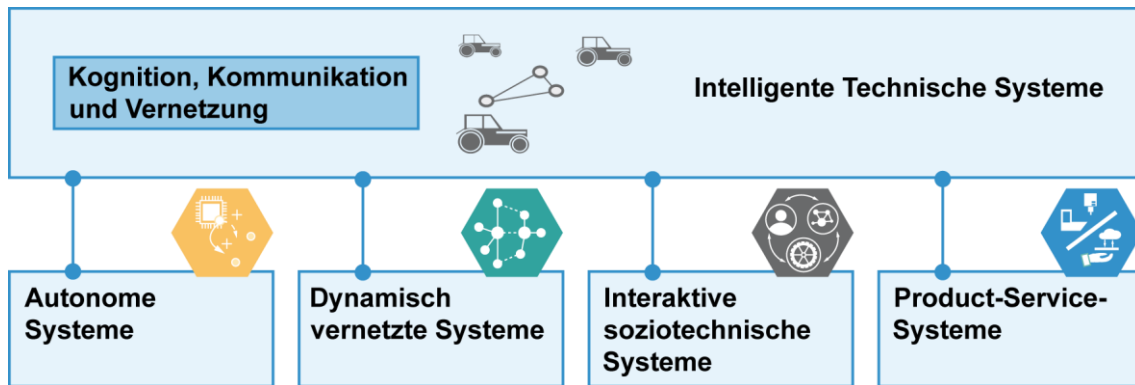


Bild 2-7: Unterschiedliche Arten Intelligenter Technischer Systeme [Dum17]

Die beschriebene zunehmende Leistungsfähigkeit der Systeme hat enormen Einfluss auf die Entwicklung, Erstellung und den Betrieb der Systeme. ITS und CPS werden nicht mehr aus dem Blickwinkel einer einzelnen Fachdisziplin betrachtet und somit auch nicht entwickelt [GDS+13, S. 17]. Vielmehr sind eine Vielzahl unterschiedlicher Unternehmensbereiche an der Erstellung und dem Betrieb der Systeme beteiligt [PH15, S. 6f.]. Grenzen zwischen einzelnen, vormals unabhängigen Bereichen verschwimmen oder verschwinden komplett. Die Komplexität in der Leistungserstellung steigt rasant an und stellt traditionelle Unternehmen vor große Herausforderungen [Bau13, S. 24]. Die Lücke zwischen den notwendigen und vorhandenen Fähigkeiten von Unternehmen in der Erstellung, Entwicklung und dem Betrieb von hybriden Marktleistungen bzw. CPS steigt stetig an.

2.2.4 Bedeutung im Kontext der Arbeit

Zukünftig werden neue Innovationen und damit verbundene Technologien verstärkt aus den Fortschritten der Informations- und Kommunikationstechnik resultieren. So wird es beispielsweise zukünftig möglich sein dass Anlagen z. B. selbstständig Verbrauchsmaterialien nachbestellen. Mit der aktuell erkennbaren Entwicklung mechatronischer Systeme, hin zu CPS und hybriden Marktleistungen, geht eine steigende Komplexität in den Leistungserstellungsprozessen einher. Ehemals bestehende Einzelsysteme mit festen Systemgrenzen öffnen sich und interagieren im Verbund mit anderen Systemen. Dabei generieren und nutzen die Systeme eine Vielzahl an unterschiedlichen Daten, die erfasst und verarbeitet werden müssen, um sie gewinnbringend nutzen zu können. Die bestehende Wertschöpfung von KMUs ist oft nicht darauf ausgelegt, den beschriebenen Innovationsprung zu leisten um zukünftig innovative hybride Marktleistungen zu erstellen oder diese zu betreiben. Grund dafür sind oftmals veraltete Systeme und Strukturen. Dies stellt neue Anforderungen an die Planung und Durchführung von Transformationsprojekten. Neue Technologien müssen gezielt und effektiv in die bestehende Wertschöpfung integriert werden. Es werden Methoden und Werkzeuge benötigt, die eine ganzheitliche und interdisziplinäre Betrachtung fokussieren um den Gesamtumfang der Transformation gerecht zu werden.

2.3 Wandel der Wertschöpfung

Der Begriff Digitalisierung, auch die digitale Transformation der Wirtschaft genannt, beschreibt im Kern die Überführung von analogen Daten in eine digitale Form. Bei der Überführung dieses Begriffs in das Unternehmensumfeld wird jedoch deutlich, dass diese Definition zu kurz gegriffen ist. Digitalisierung beschreibt hier mehr ein Verständnis von Geschäftsmodell, Strategie und Zukunftsorientierung, das auf dem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik beruht [De113, S. 8f.]. Die Entwicklung in diesem Technologie Bereich dient als Treiber der Digitalisierung und liefert den Anstoß für einen tiefgreifenden Wandel, der sich in zwei Dimensionen aufteilen lässt: Die Veränderungen des Nutzens für den Kunden sowie die Gestaltung der zugehörigen Wertschöpfung [SRA+16, S. 23]. In Abschnitt 2.3.1 werden zuerst die Auswirkungen der Digitalisierung auf die industrielle Produktion beschrieben. Anschließend werden Veränderungen in der Marktleistung des Maschinen- und Anlagenbaus detaillierter betrachtet werden (vgl. Abschnitt 2.3.2) bevor abschließend der Wandel von Produkt- zum Serviceanbieter und die Herausforderungen von kleinen und mittleren Unternehmen bei der Gestaltung der Wertschöpfung aufgezeigt werden (vgl. Abschnitt 2.3.3).

2.3.1 Digitalisierung in der industriellen Produktion

Weltweit wird aktuell die Digitalisierung der Industrie vorangetrieben. Impulse für Innovationen und Wachstum werden dabei vor allem durch die Entwicklung und das Angebot von CPS erwartet (siehe Abschnitt 2.2.3) [EDB+15, S. 8]. Der Begriff Industrie 4.0 steht für diese vierte industrielle Revolution, die sich durch eine technologiegetriebene, sprunghafte Zunahme der Produktivität auszeichnet. Industrielle Revolutionen traten in der Vergangenheit immer dann auf, wenn die jeweiligen Potentiale der gegenwärtigen Technologien ausgeschöpft waren und sich der Zuwachs an Produktivität verlangsamt hat [EDB+15, S. 13]. Bild 2-8 zeigt Stufen bisheriger industrieller Revolutionen. Diese werden im Folgenden kurz erläutert.

Die **erste industrielle Revolution** begann Ende des 18. Jahrhunderts mit der Mechanisierung der Landwirtschaft, der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung und legte damit den Grundstein für den einsetzenden Industrialisierungsprozess. Sie steht für den Übergang bisheriger Handarbeit zur maschinellen Produktion. Durch die Erfindung und den Einsatz der Dampfmaschine konnte Energie an beliebigen Orten sowie wetterunabhängig bereitgestellt werden. Diese Entwicklungen wurden durch die erstmalige Vernetzung von Produktions- und Gewinnungsstätten durch die Eisenbahn und Dampfschifffahrt unterstützt und gefördert [KWH13, S. 17f.], [Rei17, S. XXXI], [GDJ+14, S. 4f.], [BSM+14, S. 9].

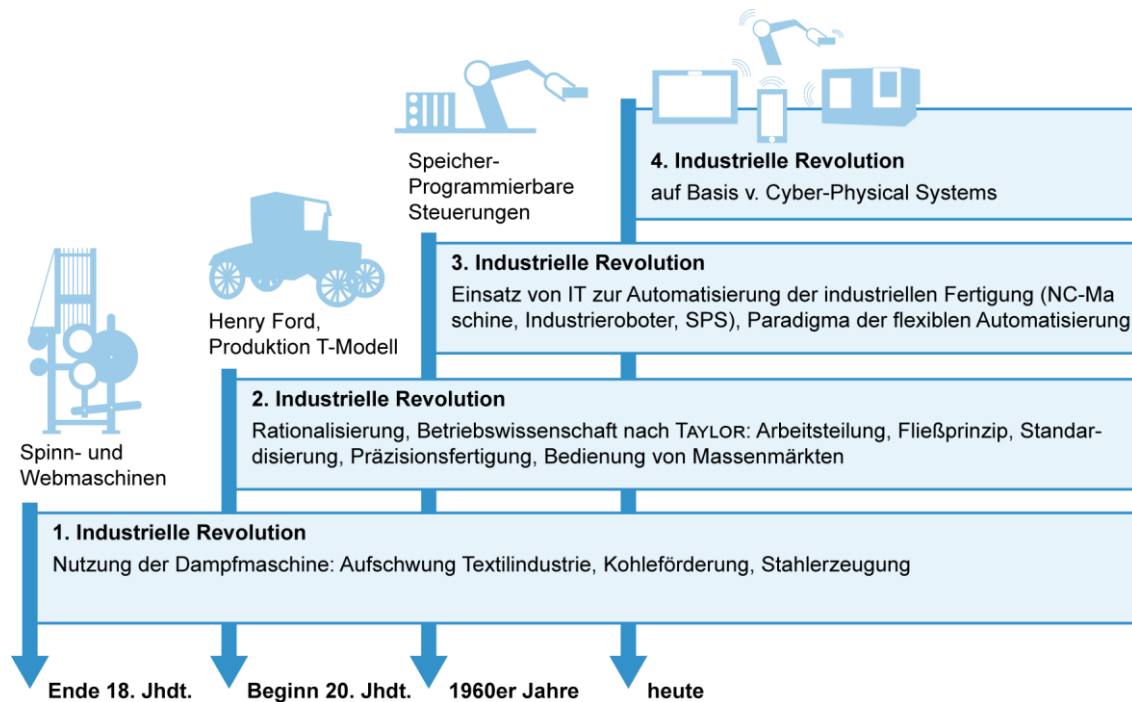


Bild 2-8: Die vier Stufen der industriellen Revolution nach DFKI [KWH13, S. 17]

Ende des 19. Jahrhunderts setzte durch die flächendeckende Elektrifizierung die **zweite industrielle Revolution** ein. Zeitgleich wurden Telefon und Telegraphentechnik zur Kommunikation und zur Koordination von Produktionsstätten entwickelt. Wesentliches Merkmal der zweiten industriellen Revolution waren Fortschritte in der Organisation der Produktion, die ihre Anfänge in den USA hatten. Die von TAYLOR¹⁷ geprägte Rationalisierung führte zur zunehmenden Arbeitsteilung, Standardisierung von Arbeitsschritten, der Präzisionsfertigung sowie zur Fließfertigung. Die zweite industrielle Revolution kann als Startpunkt der Massenfertigung angesehen werden und ermöglichte so ein massives Wachstum sowie die Bedienung von Massenmärkten [KWH13, S. 17f.], [Rei17, S. XXXI], [GDJ+14, S. 4f.], [BSM+14, S. 9].

Die **dritte industrielle Revolution** fand in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts statt. Sie wurde insbesondere durch Fortschritte in der Elektronik und der Entwicklung und Verbreitung des Computers bzw. von Mikroprozessoren ausgelöst.

¹⁷ TAYLOR entwickelte das Prinzip des nach ihm benannten Taylorismus und beschreibt ein Prinzip der strikten Trennung von Kopf- und Handarbeit und einer detaillierten Vorausplanung der Arbeitsschritte bis zu einzelnen Handgriffen [Rei17, S. XXXI].

Durch den Einsatz von numerisch gesteuerten¹⁸ Maschinen (NC), Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS)¹⁹ sowie industriellen Roboter wurde ein großer Teil der bisherigen Handarbeit sowie Teile der „Kopfarbeit“ von Maschinen übernommen und die Automatisierung der Produktion weit vorangetrieben [KWH13, S. 17f.], [Rei17, S. XXXII], [GDJ+14, S. 4f.], [BSM+14, S. 9].

Gegenwärtig steht die Industrie vor einer weiteren, tiefgreifenden Veränderung, der **vierten industriellen Revolution**. Grundlage dafür ist der Einzug des Internet der Dinge und Dienste in die Produktionsstätten. Die Produktion wandelt sich zu einem komplexen informationsverarbeitenden System, in dem eine Vielzahl von Prozessen digitalisiert sind. Die intensive Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Akteure und Systeme ist die direkte Folge. Durch die Erweiterung von Systemen, Anlagen und Produkten um Sensoren und Aktoren sowie eingebetteter Software entstehen die beschriebenen Cyber-Physical Systems²⁰. Diese stellen die technologische Grundlage für die vierte industrielle Revolution dar und bilden eine Brücke zwischen der digitalen und physischen Welt [Rei17, S. XXXIV]. Cyber-Physical Systems sind wiederum die Basis für Smart Factories, in denen Menschen, Maschinen, Anlagen und Produkte kooperieren und kommunizieren. Sie sind weniger störanfällig und steigern die Effizienz in der Produktion [KWH13, S. 23].

ANDELFINGER und HÄNISCH analysierten die Kriterien und Beschreibungen unterschiedlicher Autoren²¹ zum Thema Industrie 4.0 und fassten diese in drei wesentlichen Clustern zusammen. Die einzelnen Kriterien bauen aufeinander auf oder ergänzen sich gegenseitig. **Flexibilität** beschreibt die Fähigkeit, schnell und anpassungsfähig auf Kundenwünsche zu reagieren. Dazu gehören auch eine höhere Variantenvielfalt sowie die Integration des Kunden in die Entstehung des Produktes. **Automatisierung** umfasst intelligente, sich selbst steuernde Objekte. Die **Vernetzung** beschreibt die Kommunikation sämtlicher an der Wertschöpfung beteiligten Systeme und Akteure [AH17, S. 44ff.].

Die Digitalisierung der Produktion, also die Umsetzung der beschriebenen Aspekte, fokussiert sich dabei insbesondere auf die vertikale und die horizontale Integration sowie

¹⁸ Die Abkürzung NC steht für „numerical control“ (dt.: numerische Steuerung). Bei NC-Maschinen werden Arbeits- und Bewegungsabläufe mit Hilfe von sequentiellen Steuerbefehlen programmiert. Die Befehle werden von der Steuerung interpretiert und in entsprechende Signale für die Maschinenantriebe transformiert [GBS+17-ol].

¹⁹ Eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist ein System zur Steuerung und Regelung von Maschinen und Anlagen. Sie verarbeitet Eingangssignale von Sensoren und steuert Aktoren. Eine SPS ist frei programmierbar und wird im industriellen Umfeld eingesetzt, insbesondere dort, wo eine Signalverarbeitung in harter Echtzeit erforderlich ist [Lan04].

²⁰ Eine ausführliche Erläuterung des Begriffs Cyber-Physical Systems erfolgt in Abschnitt 2.2.3.

²¹ Kriterien und Beschreibungen zum Thema Industrie 4.0 bieten [BM14], [Hir14a], [Bau14], [GS13].

dem umfassenden Systems Engineering²² [KWH13, S. 24], [DGK+15, S. 12ff.]. Das Zusammenspiel der einzelnen Aspekte ist in Bild 2-9 dargestellt. Im Folgenden werden die Begriffe erläutert:

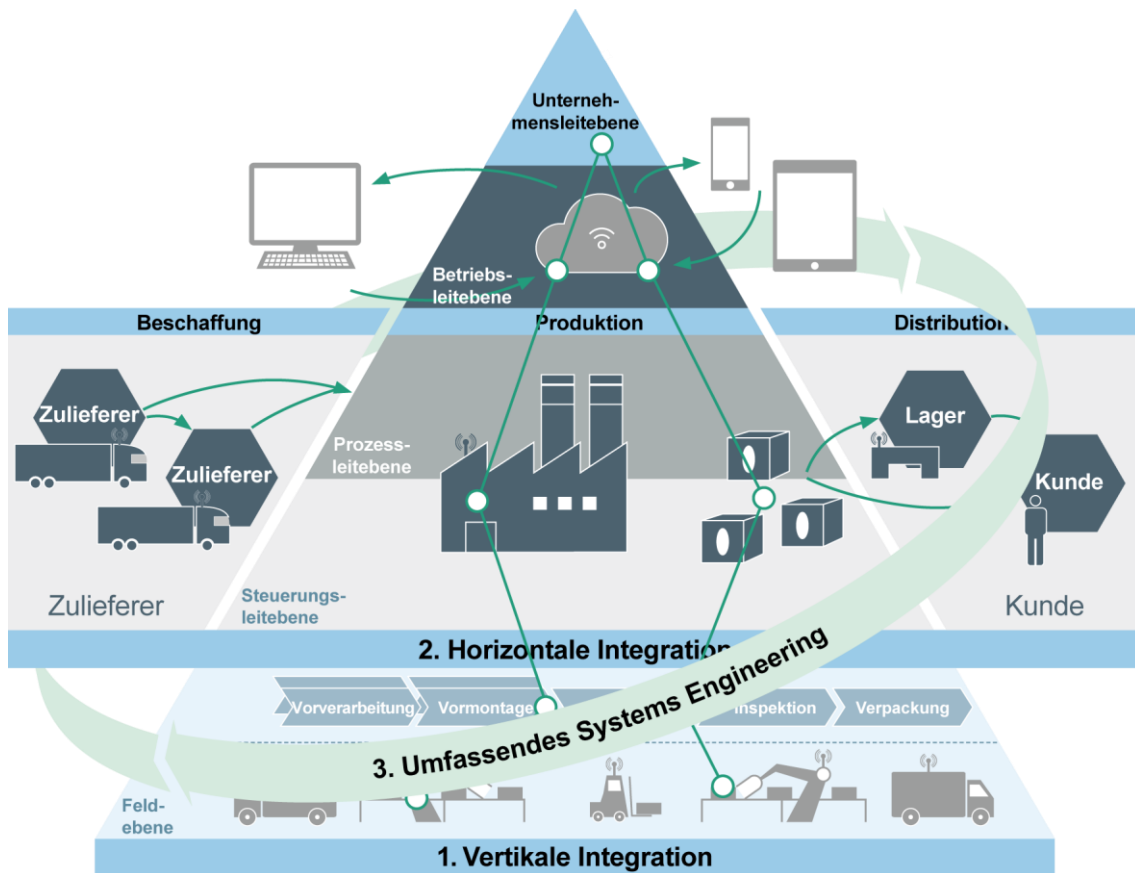


Bild 2-9: Zusammenspiel der übergeordneten Aspekte von Industrie 4.0 nach [DGK+15]

- **Vertikale Integration** beschreibt in der Produktions- und Automatisierungstechnik die Integration der verschiedenen IT-Systeme auf unterschiedlichen Hierarchieebenen, wie der Produktionsleitebene oder Steuerungsebene. Von zentraler Bedeutung ist die Kommunikation zwischen den betriebswirtschaftlichen Planungsebenen und den technischen Prozessen auf der Feldebene [Rei17, S. 564f.]. Ziel ist die Synchronisation von Leistungserstellungsprozessen und Ressourcen mit den Geschäftsprozessen [KWH13, S. 24].
- **Horizontale Integration** beschreibt die Vernetzung von Prozessen, Maschinen und ganzen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette. Ziel ist die durchgängige Verknüpfung von IT Systemen für verschiedene Prozessschritte sowohl innerhalb als

²² Andere Autoren sprechen an dieser Stelle von der „Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette“.

auch außerhalb von Unternehmen, zwischen denen ein Material-, Energie- und Informationsfluss verläuft. Die horizontale Integration zeichnet sich sowohl durch eine enge Vernetzung innerhalb des Betriebs, als auch mit Zuliefern und Kunden aus [Rei17, S. 20], [KWH13, S. 24].

- **Umfassendes Systems Engineering** ist ein durchgängiger, domänenübergreifender, multidisziplinärer Entwicklungsansatz für technische Systeme. Im Zentrum der Entwicklungsaktivitäten steht dabei das System mit dem Ziel einer ganzheitlichen und interdisziplinären Problembetrachtung [GDS+13, S. 20]. Systems Engineering wird dabei der steigenden Komplexität von Produkten und Prozessen durch die zunehmend verteilte Wertschöpfung gerecht und unterstützt das Engineering über die verschiedenen Fachbereiche hinweg [KWH13, S. 35f.]. Insbesondere erlauben durchgängige Toolketten sowie der transparente Datenaustausch einen enormen Effizienzgewinn.

Die aufgezeigte Entwicklung bietet Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus vielfältige Chancen und Potentiale. Eine Erhöhung der Flexibilität in Verbindung mit der angestrebten Fähigkeit, Kleinserien bis hin zur Losgröße 1 zu den Aufwänden von Großserien fertigen zu können, unterstützt Unternehmen, auf den Kunden abgestimmte Individuallösungen anbieten zu können. Die zunehmende Automatisierung von Produktionsanlagen, deren Vernetzung untereinander, sowie mit Produkten und weiteren Systemen der Umwelt, führt zu Effizienzsteigerungen, die den Maschinen- und Anlagenbau auch zukünftig wettbewerbsfähig halten. Das Erfassen und die Auswertung der dabei anfallenden Daten wird zukünftig eine hohe Relevanz erfahren. Sich darauf aufbauende Dienstleistungen und damit verbundene Geschäftsmodelle ergeben weitere Wertschöpfungspotentiale. Aktuell sind Unternehmen vielfach nicht in der Lage, diese Entwicklung zu gestalten. Es fehlt an einer Unterstützung die insbesondere Unternehmen mit begrenzten Ressourcen dabei unterstützt die richtigen Aktivitäten einzuleiten um sich Zielgerichtet weiterzuentwickeln. Um nachhaltigen Unternehmenserfolg sicherzustellen, ist es jedoch erforderlich, dass Unternehmen die zukünftige Wertschöpfung unter Berücksichtigung der aufgezeigten Entwicklungen der Digitalisierung gestalten.

2.3.2 Veränderung der Marktleistung

Die Grenzen zwischen materiellen Sachleistungen und immateriellen Dienstleistungen werden in Folge der zunehmenden Digitalisierung mehr und mehr fließend (vgl. Abschnitt 2.1.4). Neue Technologien der Informations- und Kommunikationstechnik ermöglichen dabei die Integration von Partnern in die Wertschöpfung. Insbesondere Lieferanten und Abnehmer werden immer mehr in die Leistungserstellung einbezogen [KNP16, S. 122]. Dabei stehen zunehmend digitale Services – sog. Smart Services – im Fokus der Unternehmen [HUB15, S. 655]. Smart Services beruhen auf der Auswertung großer Datenmengen, die von intelligenten, kommunikationsfähigen Maschinen und Anlagen bereitgestellt werden [KRH+14]. In einer digitalisierten Welt verschmelzen Produkte und

Services zukünftig immer stärker zu integrierten, von Anfang an aufeinander abgestimmten, Systemen. Die damit verbundenen Änderungen unter anderem in der Arbeits- und Unternehmensorganisation, stellen Unternehmen vor große Herausforderungen [KNP16, S. 123].

Die aufgezeigten Entwicklungen folgen der „Service-Dominant Logic“ von VARGO und LUSCH. Diese besagt, dass der Kunde immer auch als Co-Produzent betrachtet wird und in die wertschöpfenden Prozesse integriert werden muss. Dabei sind die physischen Produkte in erster Linie als Plattform für die darauf basierenden Dienstleistungen zu sehen: Das traditionelle physische Produkt wird zum Hilfsmittel für die Dienstleistung [VL04, S. 12]. Im Maschinen- und Anlagenbau besteht die Marktleistung aktuell noch aus physischen Produkten, die um primär produktbegleitende Dienstleistungen erweitert werden [EDB+15, S. 22]. Klassischerweise ist das wesentliche Unterscheidungsmerkmal von deutschen Unternehmen die hohe Qualität gegenüber Mitbewerbern sowie die speziellen Technologien und das Wissen über komplexe Produktionsprozesse [SD06, S. 464]. Dennoch stehen die Unternehmen vor dem Zwang, sich auch zukünftig von ihren Mitbewerbern aus dem In- und Ausland zu differenzieren.

Die zu beobachtenden Bestrebungen von Unternehmen, hybride Marktleistungen anzubieten, beruhen primär auf zwei Entwicklungen: (1) Traditionelle industrielle Güter zeichnen sich oft durch hohe Investitionskosten und eine vergleichsweise lange Lebensdauer aus. Um dennoch einen kontinuierlichen Strom an Einnahmen zu generieren, bieten Unternehmen verstärkt produktbegleitende Serviceleistungen an [HUB15, S. 665f.]. (2) Viele Unternehmen schaffen es trotz zahlreicher Produktinnovationen nicht, sich wirksam von ihren Mitbewerbern abzusetzen. Der Preis stellt oft das alleinige Kaufentscheidungsmerkmal dar [UNI14, S. 3]. Die ungeahnten Möglichkeiten der Dienstleistungserbringung im Zuge der Digitalisierung bieten jetzt Perspektiven, sich verstärkt vom Wettbewerb zu differenzieren, beispielsweise innovative Abrechnungsmodelle oder innovative Wartungsverträge.

2.3.3 Vom Produkt- zum Serviceanbieter

Das gesteigerte Interesse, digitale Dienstleistungen anzubieten, hat dazu geführt, dass neben der bereits erwähnten „Service-Dominant Logic“ sich zunehmend der Begriff der „Service-Transformation“ etabliert [KNP16, S. 127]. Dieser beschreibt die Entwicklung eines klassischen Produktherstellers zu einem Dienstleistungs- oder Serviceanbieter. BRUHN ET AL. beschreiben vier verschiedene Arten der angestrebten Entwicklung anhand von Geschäftsmodellansätzen [BH15, S. 139] (Bild 2-10).

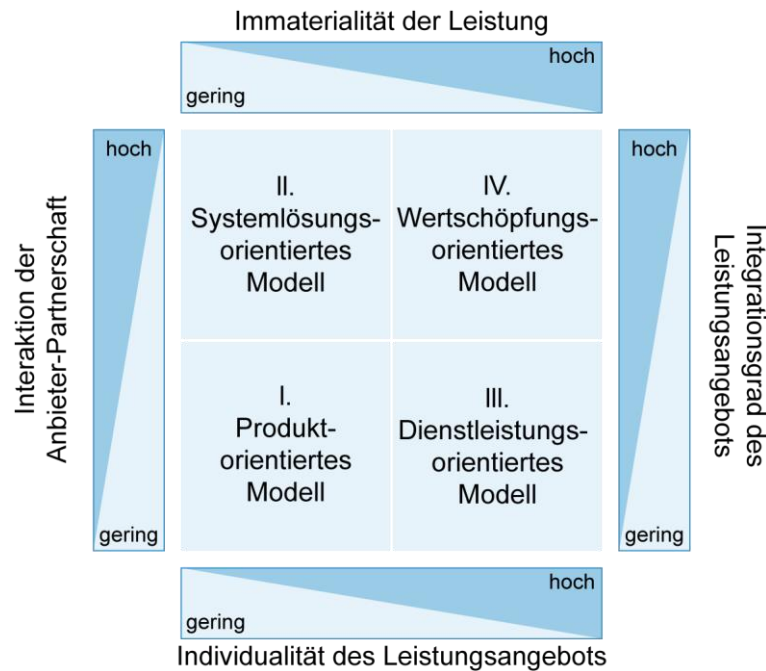


Bild 2-10 Arten der Servicetransformation nach BRUHN und HADWICH. [BH15, S. 139]

Bei einem **produktorientierten Modell** konzentriert sich das Unternehmen primär auf das physische Produkt und erweitert es um einzelne Services. Dies sind bspw. gesetzlich vorgeschriebene Services. Die Unternehmen versprechen sich durch Garantieverträge oder Reparaturen hohe Margen [Mal06, S. 107]. Dieses Modell entspricht aktuell noch am ehesten der gegenwärtigen Situation im Maschinen- und Anlagenbau [EDB+15, S. 22]. Bei dem **systemlösungsorientierten Modell** zielen Unternehmen auf die Vermarktung von kombinierten Produkt- und Serviceleistungen, welche hybriden Leistungsbündeln entsprechen. **Dienstleistungsorientierte Leistungsbündel** bieten hauptsächlich Services an, welche auf Geschäftsprozesse abzielen und diese unterstützen. Das **wertschöpfungsorientierte Modell** setzt auf das Angebot und die Vermarktung von Betreibermodellen [KNP16, S. 128], [BH15, S. 141ff.]. Ziel ist es, eine möglichst lange und profitable Partnerschaft einzugehen [GKF08, S. 220]. Es vereint die drei anderen Modelle und entspricht dem Konzept der „Service-Dominant Logic“.

Im Allgemeinen ist eine Entwicklung zu beobachten, dass sich das Leistungsangebot von Unternehmen mehr in Richtung Dienstleistung oder Service wandelt. Historisch betrachtet lässt sich erkennen, dass in vielen Branchen zunächst reine Produktangebote dominierten, diese aber im Laufe der Zeit von Services durchdrungen wurden (siehe Bild 2-11) [KNP16, S. 138]. Dieser Trend wird sich insbesondere im Zuge der Digitalisierung weiter fortsetzen und auch die Produkte des Maschinen- und Anlagenbaus betreffen.

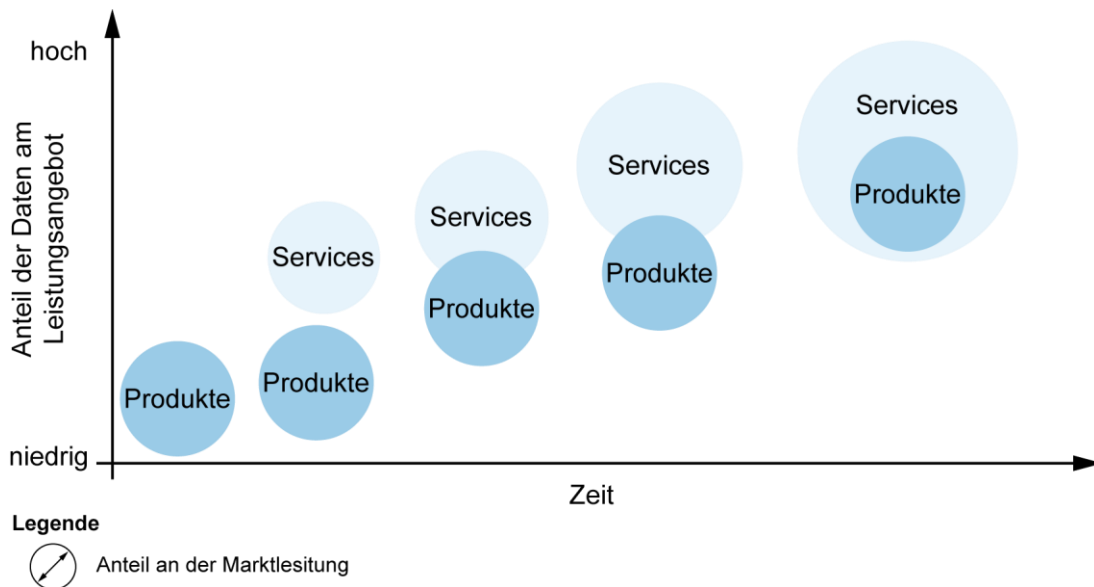


Bild 2-11: Vom Produkt zur Dienstleistung [KNP16, S. 138]

2.3.4 Herausforderungen in kleinen und mittleren Unternehmen

Der aufgezeigte Wandel betrifft den gesamten Industriestandort Deutschland und damit im Besonderen den Maschinen- und Anlagenbau. Im Jahr 2016 arbeitete ca. eine Millionen Beschäftigte in diesem Sektor. Damit ist dieser der größte industrielle Arbeitgeber in Deutschland [VDMA16, S. 7]. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist geprägt von mittelständischen Betrieben, von denen im Jahr 2013 über 85 % weniger als 250 Mitarbeiter beschäftigten [Sta14, S. 18]. Eine Charakterisierung dieses Wirtschaftszweiges kann anhand der Erzeugnisse erfolgen. Die Arbeit orientiert sich dabei an einem Vorschlag des Statistischen Bundesamtes:

„[...]umfasst den Bau von Maschinen, die mechanisch oder durch Wärme auf Materialien einwirken oder an Materialien Vorgänge durchführen (wie Bearbeitung, Besprühen, Wiegen oder Verpacken), einschließlich ihrer mechanischen Bestandteile, die Kraft erzeugen und anwenden, sowie spezieller Teile dafür. Hierunter fallen feste, bewegliche oder handgeführte Vorrichtungen, ungeachtet, ob sie für Industrie und Gewerbe, den Bau, die Landwirtschaft oder für den Einsatz im Haushalt bestimmt sind. Diese Abteilung umfasst ferner die Herstellung von Hebezeugen und Fördermitteln“ [Sta08, S. 291].

Praxisbeispiele für die Erzeugnisse des Maschinen- und Anlagenbaus sind u.a. gewerbliche Spülmaschinen, Kompressoren oder Werkzeugmaschinen.

Mit den zunehmenden technischen Möglichkeiten wird es für diese Unternehmen immer wichtiger, diese auch zu nutzen, um sich zu differenzieren und ihre Marktanteile zu sichern. Aktuell stellen jedoch fehlende Strategie, Ressourcenknappheit und fehlendes Knowhow große Hemmnisse bei der Durchführung dar [WWB15, S. 37] [Bis15, S. 2], [DEH+09, S. 34]. Verschiedene Ansätze zeigen, dass die digitale Transformation als Ganzes gesehen und daher als Bestandteil der Strategie eines Unternehmens berücksichtigt werden muss [IHK16, S. 10]. Die Ressourcenknappheit drückt sich insbesondere durch die fehlende Möglichkeit höhere Investitionen zu tätigen aus. Das fehlende Knowhow führt zu fehlenden Kompetenzen im Bereich der Anpassung der Unternehmens- und Arbeitsorganisation [SVS16, S. 51f.]. Insgesamt stehen KMUs dem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik eher abwartend gegenüber. Dies liegt zum Teil an fehlenden Informationsmöglichkeiten über bereits erfolgreiche Anwendungsmöglichkeiten [LB16, S. 1661], Oft sind es aber auch Eigentümer oder Geschäftsführer, die von den verschiedenen Möglichkeiten der Digitalisierung sowie von Industrie 4.0-Technologien überfordert sind. Sie stehen vor der Herausforderung, die richtige Kombination von technologischer Reife und wirtschaftlichem Potenzial zu beurteilen. Gelingt dies nicht, besteht für die Unternehmen die Gefahr, Verlierer der digitalen Transformation zu sein [Sch16b, S. 11].

2.3.5 Bedeutung im Kontext der Arbeit

Die zunehmende Digitalisierung und der damit einhergehende Einsatz von CPS verändert das industrielle Umfeld. Die genannten Entwicklungen können als Technology-Push verstanden werden. Die Erweiterung des Leistungsvermögens und des Anwendungsspektrums digitaler Technologien führt zu tiefgreifenden Veränderungen im Unternehmensumfeld. Die enormen Möglichkeiten zur Funktionserweiterung bestehender Produkte versetzen sowohl das eigene, als auch konkurrierende Unternehmen in die Lage, ihr Wertversprechen über das eigene Produkt hin zu erweitern und so in neue Marktsegmente einzudringen. Die Rivalität und damit der Zwang zur Differenzierung steigt an [PH15, S. 11]. Parallel steigen die Anforderungen des Markts an. Kunden erwarten zunehmend auf sie abgestimmte individuelle Lösungen und geben sich nicht mehr mit der reinen Verbesserung von physischen Komponenten zufrieden. Die reine Konzentration auf inkrementelle Verbesserungen des physischen Produktes birgt zudem die Gefahr, dass Einstiegshürden für Marktneulinge sinken. Marktteilnehmer ohne eigenes physisches Produkt könnten ein profitables Servicegeschäft auf Basis bestehender Produkte entwickeln und die Schnittstelle zum Kunden übernehmen. Die Verfügbarkeit von Sensordaten und Steuerungsmöglichkeiten ermöglicht es Unternehmen, individuelle Marktleistungen für ihre Kunden zu generieren und ihre Preispolitik direkt auf sie auszurichten. Unternehmen wandeln sich so mehr und mehr zu Serviceanbietern. Die veränderten Marktleistungen stellen eine Vielzahl von Anforderungen an Unternehmen, die systematisch erfasst werden müssen, um die zukünftige Wertschöpfung zu gestalten. Dabei müssen sich Unternehmen nicht komplett verändern. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen werden

auch weiterhin klassische maschinenbauliche Produkte anbieten. Dazu stehen diesen Unternehmen oft nur begrenzte Ressourcen zur Verfügung. Es bedarf daher einer Unterstützung bei der Identifikation relevanter Prozesse, sowie bei der anschließenden effektiven Gestaltung.

2.4 Gestaltung der Wertschöpfung

Immer mehr Unternehmen sehen sich aktuell mit der Herausforderung konfrontiert Marktleistungen anzubieten, die sie auf Grund begrenzter Ressourcen und Kompetenzen nicht mehr alleine bereitstellen können. Um im nationalen und internationalen Wettbewerb bestehen zu können, sind sie deshalb gezwungen, Kooperationen mit Partnern einzugehen [Töp07, S. 1277]. Die Entwicklung, Kooperationen zwischen Unternehmen einzugehen und diese auszugestalten, ist kein neues Phänomen, bekommt aber durch den andauernden Trend der Digitalisierung eine zunehmende Dynamik [Hau03, S. 22]. Gegenstand von Abschnitt 2.4.1 ist daher die Evolution von Wertschöpfungssystemen – die Entwicklung von der Wertschöpfungskette zum Wertschöpfungssystem. Die zukünftige Wertschöpfung wird in Abschnitt 2.4.2 thematisiert, bevor abschließend in Abschnitt 2.4.3 Gestaltung hybrider Wertschöpfung im Fokus steht.

2.4.1 Evolution der Wertschöpfung

Wertschöpfung kann aus drei aufeinander aufbauenden, dennoch verschiedenen Ebenen betrachtet werden: der **Makroebene**, der **Mesoebene** und der **Mikroebene** (siehe Bild 2-12) [Jan10, S. 11f.], [Hof00, S. 134]. Auf der Makroebene erfolgt die Wertschöpfung nach volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten im Hinblick auf den Beitrag von einzelnen Wirtschaftssektoren zum Sozialprodukt²³. Die Mikroebene befasst sich mit der innerbetrieblichen Wertschöpfung, die durch die Kombination von Produktionsfaktoren innerhalb der Unternehmensgrenzen entsteht. Die dazwischenliegende Mesoebene wird üblicherweise mit den Begriffen “Industrie“ oder “Branche“ beschrieben. Sie umfasst Verbünde von mehreren Unternehmen, die gemeinsam ein Produkt, eine Dienstleistung oder eine hybride Marktleistung erzeugen [Hof00, S. 134]. Von Interesse für diese Arbeit sind insbesondere die Mikro- und Mesoebene. Die Makroebene wird aufgrund der geringen Bedeutung für diese Ausarbeitung nicht weiter betrachtet.

²³ Das Sozialprodukt bezeichnet die Summe aller wirtschaftlichen Leistungen, die von den Einwohnern eines Landes innerhalb einer festgelegten Zeit (z. B. in einem Jahr) erbracht werden. Bei der Berechnung des Sozialproduktes wird zwischen dem Bruttosozialprodukt und dem Nettosozialprodukt unterschieden [Pol14].

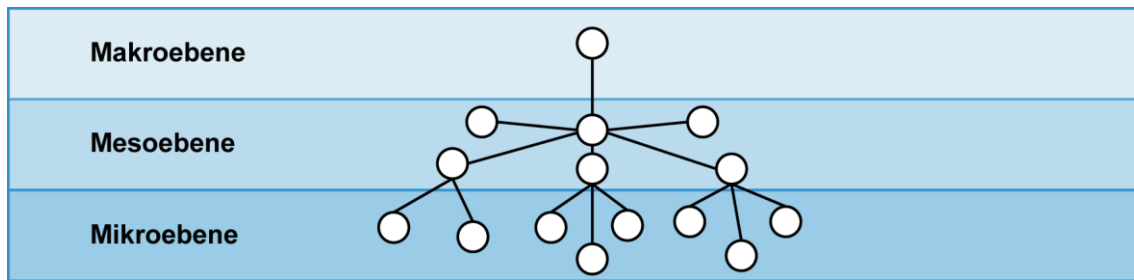


Bild 2-12: Betrachtungsebenen der Wertschöpfung nach JANELLO [Jan10, S. 24]

Die bereits in Abschnitt 2.3.1 angesprochene Wertkette²⁴ bzw. Wertschöpfungskette nach PORTER ist der Mikroebene zuzuordnen. PORTER unterteilt die Aktivitäten eines Unternehmens, durch die ein Produkt entworfen, produziert, vertrieben und ausgeliefert wird, in primäre und unterstützende Aktivitäten. Die verschiedenen Aktivitäten sind in Bild 2-13 dargestellt. Die primären Aktivitäten werden sequentiell in die Bereiche Eingangslogistik, Operationen, Marketing und Vertrieb, Ausgangslogistik sowie Kundendienst untergliedert. Die dazu benötigten Ressourcen werden durch die unterstützenden Wertschöpfungsaktivitäten zur Verfügung gestellt. Die Personalwirtschaft, die Technologieentwicklung und die Beschaffung bzw. der Einkauf unterstützen gezielt einzelne primäre Bereiche oder auch die gesamte Wertkette. Die Unternehmensinfrastruktur kann nicht einzelnen Bereichen zugeordnet werden, sondern wird der gesamten Wertkette zugeordnet [Por00, S. 69]. Die Verbindungen der einzelnen Wertschöpfungsaktivitäten und deren Wechselwirkungen werden als Prozesse bezeichnet. Die Gewinnspanne ist das resultierende Ergebnis der Wertschöpfung.

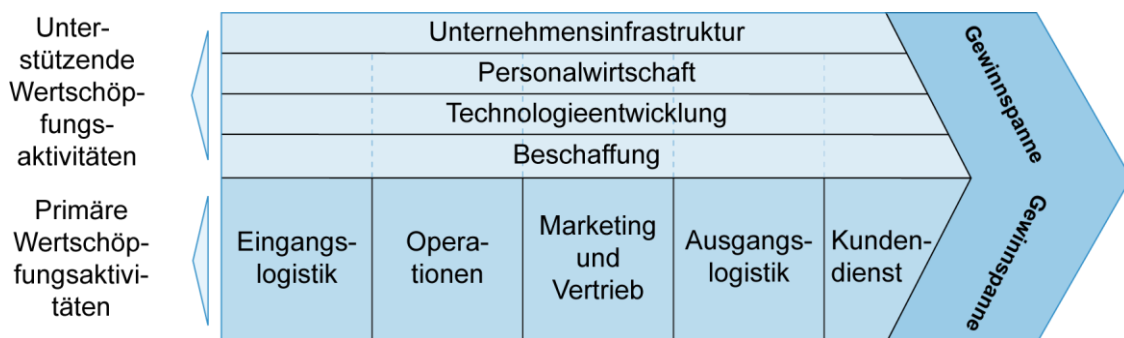


Bild 2-13: Wertkette nach PORTER [Por00, S. 66]

Die Wertkette stellt eine stark vereinfachte und abstrakte Form einer idealtypischen innerbetrieblichen Wertschöpfung dar. Die individuelle Ausprägung in einem Unternehmen entscheidet, ob dieses kostengünstiger und effektiver als die Konkurrenten Produkte herstellen kann. PORTER sieht für Wertschöpfungsketten eine vertikale Verknüpfung zu übergeordneten Wertschöpfungssystemen vor. Diese berücksichtigen unterschiedliche

²⁴ Im Original verwendet PORTER den Begriff „value chain“ [Por86].

Lieferanten (Lieferantenwertketten), Handels- bzw. Vertriebspartner (Vertriebskanalwertketten) sowie Kunden (Abnehmerwertketten). Produkte sowie Dienstleistungen können an Unternehmen weitergegeben und in dessen Wertkette genutzt werden. Die eigentliche Wertschöpfung wird jedoch weiter auf der Mikroebene realisiert [Por00, S. 64]. Durch die Interaktion zwischen den Wertketten nähert sich der Ansatz jedoch der Mesoebene an.

Um die Veränderungen durch die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung zu berücksichtigen, erweiterten RYPORT und SVIKOLA die physische Wertkette um eine parallel verlaufende virtuelle Wertkette [RS95, S. 76f.]. Die Ausprägung der virtuellen Wertschöpfung ist stark abhängig von der zu erbringenden Marktleistung. Bei reinen Sachleistungen werden durch die virtuelle Wertschöpfung vor allem unterstützende Tätigkeiten realisiert. Dies kann beispielsweise die Unterstützung der einzelnen Prozesse durch virtuelle Prototypen sein. Diese erleichtern die Austauschbeziehungen zwischen den kooperierenden Unternehmen innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerks. Der virtuellen Wertschöpfung sind durch das physische Produkt jedoch Grenzen gesetzt, da die Güter weiterhin innerhalb der Wertschöpfungssysteme zu transportieren sind. Immaterielle Leistungen können dagegen komplett durch die virtuelle Wertschöpfung realisiert werden [Jan10, S. 14], [Kar01, S. 100f.], [SL02, S. 31ff.].

Werden sämtliche Aktivitäten von einem einzigen Unternehmen durchgeführt, liegt eine hohe Leistungstiefe bzw. Wertschöpfungsquote vor [Pic08, S. 33f.]. Begrenzte Ressourcen, steigender Wettbewerbsdruck sowie die zunehmende Individualisierung von Produkten führen jedoch dazu, dass sich Unternehmen vermehrt auf einzelne Wertschöpfungsprozesse konzentrieren [Gau09, S. 50]. Die starre Struktur einzelner Wertschöpfungsketten wird so zunehmend gelockert bzw. aufgelöst. Wertschöpfende Aktivitäten, die nicht zu den Kernkompetenzen eines Unternehmens gehören, werden vermehrt ausgelagert und durch externe Wertschöpfungspartner übernommen. Es entsteht eine zwischenbetriebliche Wertschöpfung, die in einem System unterschiedlicher Unternehmen realisiert wird [Syd05, S. 105ff.]. MIROSCHEDJI prägt den Begriff der *Desintegration*. Demnach wenden sich Unternehmen von der stringenten Abfolge von Tätigkeiten ab, die bisher in einer internen Wertschöpfungskette realisiert wurden. Die verschiedenen Tätigkeiten und damit Prozesse werden zunehmend externalisiert und auf andere Unternehmen verteilt, d.h. einzelne Elemente werden aus der Wertschöpfungskette herausgelöst und anschließend durch Partnern realisiert. Dennoch herrschen weiterhin enge Verknüpfungen zwischen den einzelnen Prozessen. Bisher bestehende interne Verknüpfungen werden nunmehr durch externe Beziehungen substituiert. Als Folge entsteht eine größere Anzahl an Interdependenzen in der Wertschöpfung. Die logische Abfolge und die Struktur bleiben jedoch erhalten. Daraus resultierend transformiert sich die bestehende Wertschöpfungskette in Richtung eines Wertschöpfungsnetzwerkes. Die Desintegration erfolgt in diesem Zusammenhang als Folge unternehmerischen Handelns und wird als aktive Desintegration angesehen. Als Ergebnis konzentrieren sich Unternehmen vermehrt auf ihre sogenannten Schlüsselkompetenzen (Kernkompetenzen) und bauen diese aus

[Mir02, S. 128ff.]. Der beschriebene Wandel geht einher mit einem steigenden Koordinationsaufwand innerhalb der Wertschöpfungsnetzwerke. Dieser steigt u.a. mit der zunehmenden Verlagerung von Wertschöpfungsaktivitäten [Bod09, S. 150].

Die beschriebene Evolution zu Wertschöpfungsnetzwerken wird durch die zunehmende Entwicklung in der Informations- und Kommunikationstechnologie sowie die Entwicklungen hin zum Servicegeschäft unterstützt. In vielen Bereichen der Wertschöpfung, bspw. der Forschung und Entwicklung oder der Produktion, lässt sich ein Paradigmenwechsel beobachten. Dieser ist geprägt durch die zunehmende Verschmelzung von Produktion und Konsum [RW11, S. 35], d.h. Erbringung und Verbrauch erfolgen gleichzeitig. UEDA ET AL. beschreiben den Wandel in der Wertschöpfung anhand von drei Modellen [UKT08, S. 474], [Red11, S. 35f.] (Bild Bild 2-14):

- Das **Angebotsmodell** beschreibt Formen der industriellen Zusammenarbeit. Es handelt sich um geschlossene Systeme, in denen der Wert einer Marktleistung von Kunden und Produzenten unabhängig voneinander definiert wird. Das Verhalten der Umwelt (bspw. Abnahmemenge des Kunden) ist bekannt und die Leistungen werden aufgrund verfügbarer Informationen erstellt [Red11, S. 36f.].
- Im **Anpassungsmodell** kann der Wert für den Kunden und den Produzenten definiert werden. Es handelt sich um ein teilweise offenes System, bei dem auf Basis von Veränderungen in der Umwelt die Marktleistung angepasst werden kann, beispielsweise durch den technologischen Wandel oder durch individuelle Präferenzen. Mit dem Modell lässt sich eine kundenorientierte oder eine teilweise individualisierte Fertigung beschreiben [Red11, S. 36f.].

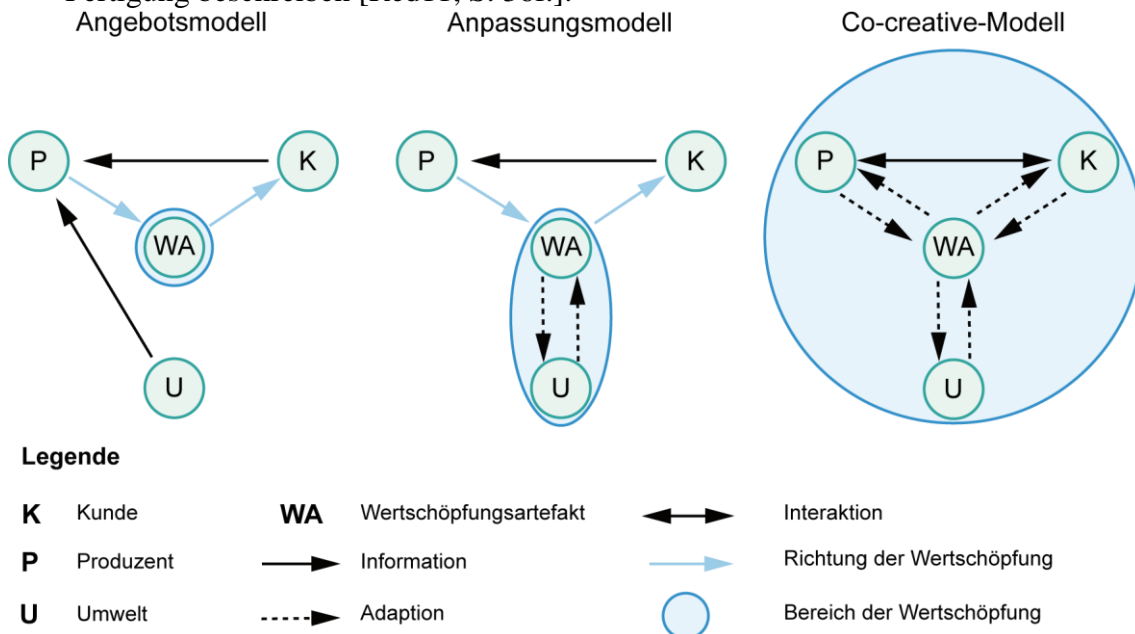


Bild 2-14: Wertschöpfungsmodelle nach UEDA [UKT08, S. 474]

- Beim **Co-creative-Modell** lässt sich der Wert einer Marktleistung nicht unabhängig vom Produzenten oder Kunden bestimmen. Neben der Umwelt haben auch die Bedürfnisse und Ziele des Kunden Einfluss auf den Wert der Marktleistung. Des Weiteren können die einzelnen Rollen in der Wertschöpfung nicht unterschieden werden. Es bilden sich Netzwerke mit einer größeren Anzahl von Beziehungen [Red11, S. 36].

Klassische industrielle Produktion orientiert sich vielfach noch an der Idee der Massenproduktion. Diese gilt aber nur unter bestimmten Voraussetzungen als ideal, beispielsweise bei der Produktion für homogene Massenmärkte. Demgegenüber steht die individuelle Werkstattfertigung mit der Möglichkeit der Produktion sehr geringer Stückzahlen. PILLER sieht eine Kombination beider Ansätze für gegenwärtige Wettbewerbsbedingungen als ideal an und führt die Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie als möglichen Enabler auf [Pil06, S. 2]. Als Ergebnis entsteht eine flexible und produktive Wertschöpfung, welche die Stärken beider Ansätze vereinen und als Wertschöpfung in der Informationsgesellschaft angesehen werden kann. Eine Gegenüberstellung klassischer Wertschöpfung und jener in der Informationsgesellschaft ist im Anhang (siehe Bild A-1) dargestellt. Es wird jedoch deutlich, dass kein Unternehmen einen vollständigen Wandel vollziehen kann bzw. muss. Eine geschickte Zusammensetzung relevanter Elemente wird als zielführend für zukünftigen Unternehmenserfolg angesehen [Pil06, S. 111].

2.4.2 Zukünftige Wertschöpfung

Der Trend hin zu hybriden Marktleistungen (Abschnitte 2.1.1 und 2.2.3) wird die bestehende Wertschöpfung von Unternehmen grundlegend verändern. Der stetige Wandel innerhalb von Wertschöpfungssystemen ist keine Ausnahme sondern die Regel. Er stellt Unternehmen vor große Herausforderungen, wobei insbesondere die horizontale und vertikale Integration sowie die digitale Durchgängigkeit innerhalb der Systeme von besonderer Bedeutung sind [FD14, S. 199f.] (vgl. Abschnitt 2.3.1).

Bestehende Wertschöpfungssysteme sind in den meisten Fällen historisch gewachsen und darauf ausgelegt, traditionelle Produkte herzustellen [KJ16, S. 50]. Die internen Abläufe, bis ein Produkt den Kunden erreicht, gliedern sich klassischerweise in die typischen Unternehmensbereiche wie Forschung und Entwicklung, IT, Fertigung oder After-Sales-Services. Neue Anforderungen, die aus hybriden Marktleistungen resultieren, verändern jedoch eine Vielzahl an Prozessen im Wertschöpfungssystem. Fähigkeiten, wie die Analyse und Verarbeitung großer Datenmengen, das Bereitstellen robuster Cloud-Systeme oder die Sicherstellung von IT-Security, sind in Unternehmen selten vorhanden, entwickeln sich jedoch verstärkt zu wichtigen Wettbewerbsfaktoren. Für die Auswertung von Daten sind komplett neue Unternehmensfunktionen erforderlich. Diese kombinieren und ergänzen bestehende Kompetenzen aus vorher eigenständigen Bereichen wie der IT oder dem Service [PH15, S. 4f.]. Die Produktion wird ebenfalls mit neuen Herausforderungen

konfrontiert. Intelligente und untereinander vernetzte Systeme tauschen eigenständig Informationen aus, während sich Produkte selbstständig durch die Produktion steuern [KWH13, S. 5]. Während sich die Endmontage bis hin zum Kunden verlagern kann, besteht diese zum Teil nur noch aus dem Aufspielen von Software und das eigentliche Produkt wird erst vor Ort individualisiert. So lassen sich teure Varianten vermeiden und Produkte kontinuierlich weiterentwickeln und anpassen. Der Kunde wird immer mehr Teil des Wertschöpfungssystems, wodurch sich für Unternehmen vielfältige Möglichkeiten der Segmentierung und Individualisierung eröffnen [PH15, S. 13]. Das bereits beschriebene Zusammenspiel verschiedener Domänen hat seinen Ursprung in der Produktentwicklung. Während diese früher hauptsächlich maschinenbaulich getrieben war, setzt sich gegenwärtig das disziplinübergreifende System Engineering durch. Um zukünftig individuell konfigurierbare hybride Marktleistungen anbieten zu können, müssen andere Bereiche nachziehen, Prozesse verändert bzw. angepasst und branchenfremde Akteure und Kunden in die Wertschöpfung integriert werden.

Unternehmen stehen vor der Herausforderung, ihre Wertschöpfung an die neuen Gegebenheiten anzupassen und den Transformationsprozess im Sinne der hybriden Wertschöpfung einzuleiten. Die technologischen Grundlagen wurden von ACATECH in einem Schichtenmodell für die digitale Infrastruktur zusammengefasst (siehe Bild 2-15).

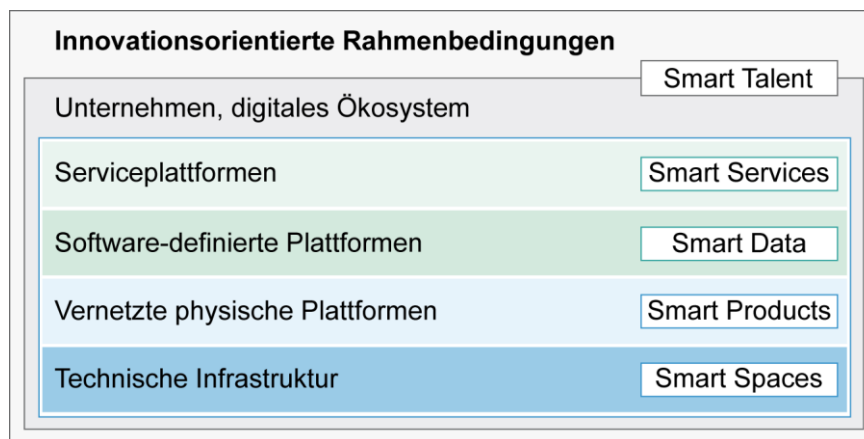


Bild 2-15: Digitale Infrastruktur nach [KRH+14, S. 17]

Dies stellt eine allgemeine Vision zukünftiger Unternehmensinfrastruktur dar und ist nicht als Standardlösung für den Maschinen- und Anlagenbau anzusehen. Die technische Infrastruktur bildet ein Fundament, auf dem weitere Schichten aufbauen. Sie schafft mit **Smart Spaces** Umgebungen, in denen Geräte, Gegenstände und Maschinen miteinander vernetzt werden können (vgl. Abschnitt 2.2.3). Die nächst höhere Schicht digitaler Infrastrukturen ist erreicht, sobald **Smart Products** in Smart Spaces agieren und sich vernetzen. Es ergeben sich vernetzte physische Plattformen. Auf diesen werden über den Lebenszyklus von Smart Products hinweg kontinuierlich große Mengen von Daten generiert, die als Big Data bezeichnet werden. Da diese Daten von vielen verschiedenen Produkten unterschiedlicher Hersteller stammen, werden komplexe Algorithmen benötigt, die Big Data zu **Smart Data** veredeln. Verantwortlich für diese Datenumwandlung ist

die Schicht der Software-definierten Plattformen, deren Software die benötigten Algorithmen bereitstellt. Serviceplattformen bilden die höchste Schicht digitaler Infrastrukturen. Auf ihnen werden die aufbereiteten Daten von Unternehmen genutzt, um in Kombination mit weiteren Daten neue Dienstleistungsangebote zu generieren. Es entstehen mit **Smart Services** intelligente Dienstleistungen, die über die Serviceplattformen von Unternehmen angeboten werden. Zusammengenommen bilden die vier Schichten digitaler Infrastrukturen ein digitales Ökosystem [KRH+14, S. 17ff.].

Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen sind kaum in der Lage, diese Rahmenbedingungen in Gänze umzusetzen. Dennoch müssen Veränderungen in unterschiedlichen Bereichen eines Unternehmens angestoßen und die Wertschöpfung transformiert werden, um zukünftig auch innovative Marktleistungen (bspw. eine prädiktive Wartung) anbieten zu können. Veränderungen in einzelnen Bereichen haben dabei immer Auswirkungen auf weitere, im ersten Moment nicht ersichtliche Unternehmensbereiche [Hir14b, S. 3]. Eine prädiktive Wartung benötigt nicht nur die Analyse und Auswertung von Nutzerdaten, sondern erfordert eine komplette Umstrukturierung des Servicebereichs sowie der Abrechnungsprozesse. Eine zusätzliche Herausforderung besteht für Unternehmen in dem Zwang, auch zukünftige konventionelle Produkte anbieten zu müssen, da selbst bei innovativsten Unternehmen CPS weniger als die Hälfte aller Produkte ausmachen.

2.4.3 Gestaltung hybrider Wertschöpfung

Die bereits angedeutete Entwicklung in der Informations- und Kommunikationstechnologie zeichnet sich seit dem Bestehen der Branche durch eine anhaltende Folge schneller technologischer Fortschritte aus und gipfelt aktuell in den beschriebenen Entwicklungen, die zur Digitalisierung der industriellen Produktion führen [GB12, S. 19]. Unternehmen sind seit jeher gezwungen, sich den technologischen Entwicklungen anzupassen, zum Teil mit enormen Anforderungen an die Unternehmen. Dabei ist die Integration vom physischen Produkt und der Dienstleistung eine weitere Herausforderung an die Transformation von Geschäftsmodellen, die zugehörigen Organisationsstrukturen sowie die Umsetzungsgeschwindigkeit und Flexibilität [BÖW04, S. VI], [GB10, S. 97f.]. Die Planung und Organisation von physischen Produkten konzentriert sich beispielweise auf die Lebenszyklusphasen bis zum Versand an den Kunden. Die Organisation von Dienstleistungen fokussiert dagegen primär die Phasen nach der Auslieferung des Produktes an den Kunden. Die zugeordnete Organisation erfolgt dabei meistens in unterschiedlichen Geschäftsbereichen. In einem Großteil der Unternehmen ist die Aufbau- bzw. Ablauforganisation zudem eher sachleistungs- oder dienstleistungsorientiert. Die Zielsetzungen werden daher oft getrennt betrachtet, was zu intransparenten Prozessen bei der Erstellung hybrider Marktleistungen führen kann [MU12, S. 138f.]. Dem 4-Ebenen-Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung nach GAUSEMEIER folgend verläuft die beschriebene Einführung und Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnik (als eine Folge auch die Transformation der Wertschöpfung) einem Top-Down Vorgehen. So steht der wirkungsvolle Einsatz am Ende einer wohlstrukturierten Handlungskette (siehe

Bild 2-16). Zugehörige (Wertschöpfungs-)Prozesse müssen strukturiert sein, einer übergreifenden Strategie bzw. entsprechenden Geschäftsmodellen folgen und auf einer Zukunftsvision aufbauen. Die verschiedenen Ebenen werden im Folgenden in Anlehnung an GAUSEMEIER und PLASS kurz erläutert [GP14, S. 38f.].

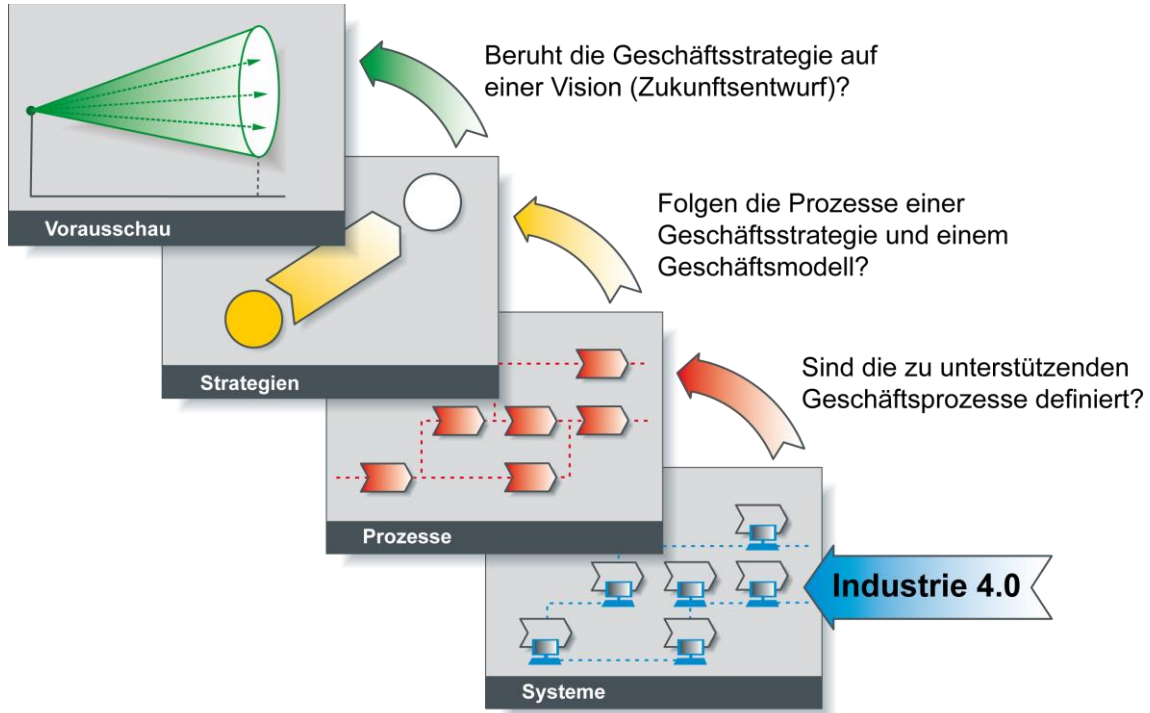


Bild 2-16: Das 4-Ebenen-Modell zur Gestaltung der Produktion von morgen nach GAUSEMEIER und PLASS [GP14, S. 38]

Vorausschau: Ziel der Ebene ist das systematische Ausleuchten des Zukunftsraums, um künftige Chancen zu erkennen und Bedrohungen für das etablierte Geschäft von heute zu identifizieren. Nutzbare Werkzeuge auf dieser Ebene der Unternehmensführung sind die weiterentwickelte Szenario-Technik, die Delphi-Methode oder auch die Trendanalyse. Die Frage, die auf dieser Ebene zu beantworten ist, lautet: Welche Chancen und Bedrohungen bestehen für das Unternehmen? Die Vorausschau ist neben der Analyse der Ausgangssituation (bspw. Stärken-Schwächen-Analyse, Marktanalyse, Wettbewerbsanalyse etc.) eine wesentliche Grundlage für die Strategieentwicklung. Für diese Arbeit, ist die Vorausschau nicht relevant. Es wird davon ausgegangen, dass die Marktleistung bereits auf Basis dieser konzipiert und geplant wurde.

Strategie: Die zu entwickelnde Unternehmens- und Geschäftsstrategie bestimmt den Kurs des Unternehmens. Die Strategie beruht dabei auf den Erkenntnissen der Vorausschauebene und besteht neben der Kursbestimmung in Form eines Leitbildes u.a. aus dem Geschäftsmodell, Geschäftszielen sowie Konsequenzen und Maßnahmen für die einzelnen Handlungsbereiche des Unternehmens. Es ergibt sich eine fundierte Vorgabe für die beiden nachfolgenden Ebenen [GP14, S. 38f.].

Prozesse: Strukturierte Prozesse sind die Voraussetzung für eine effiziente Leistungserstellung. Auf dieser Prozess-Ebene sind die Geschäftsprozesse – synonym auch Leistungserstellungsprozesse – entsprechend den Vorgaben aus der Strategieebene zu gestalten. Zu den Geschäftsprozessen zählen ebenfalls die Wertschöpfungsprozesse. Es liegt nahe, auf der Prozess-Ebene die Aufbauorganisation zu überprüfen, weil die Abbildung der Prozesse auf die Aufbauorganisation zur Ablauforganisation führt. So kann vermieden werden, dass schlanke Prozesse wegen einer aufwändigen Aufbauorganisation am Ende doch eine wenig effiziente Ablauforganisation ergeben [GP14, S. 38f.].

System: Fokus dieser Ebene ist die Planung und Einführung von IT-Systemen. Dazu gehören Hardwaresysteme, Betriebssysteme, Datenbanksysteme und Kommunikationssysteme sowie Anwenderssoftwaresysteme zur Unterstützung der Hauptgeschäftsprozesse. Dazu zählen beispielsweise CAE-Systeme für Produktentwicklungsprozesse und PPS-Systeme für Auftragsabwicklungsprozesse. Auf dieser Ebene können CPS oder auch Industrie 4.0 den wesentlichen Antrieb auf dem Weg in eine erfolgreiche Zukunft darstellen [GP14, S. 38f.].

Der Grundgedanke, auf steigende Komplexität und Dynamik mit angepassten Organisationsformen zu reagieren, wird ebenfalls von BAUER, KAUFMANN und RUSCH geteilt. Sie betonen, dass eine Transformation nur wirksam wird, wenn sie durch vernetzte Geschäftsarchitekturen und die Ausrichtung von Geschäftsmodellen auf die Prozesse erfolgt. Eine Innovation, wie eine hybride Marktleistung, wird demnach erst wirksam, wenn sie auf Strategie-, Prozess- und Systemebene umgesetzt wird [BÖW04, S. 39].

Wesentlich für diese Arbeit sind die Strategie- und Prozessebene. Die entsprechenden (Geschäfts-)Prozesse²⁵ und die zugehörige Organisationsstruktur müssen auf Grundlage der Strategie und insbesondere auf Grundlage des Geschäftsmodells gestaltet werden. Ein Geschäftsmodell entspricht dabei einem aggregierten Abbild der Geschäftslogik eines Unternehmens und beschreibt, wie ein Unternehmen Werte schafft, die dem Kunden Nutzen stiften und ihn motivieren, dafür Geld zu zahlen [GKR13, S. 9]. Eine hybride Marktleistung kann demnach anhand eines Geschäftsmodells beschrieben werden. Dieses dient gemäß AL-DEBEI und AVISON als Vermittlungsebene zwischen der Geschäftsstrategie und den zu gestaltenden Prozessen [AA10, S. 370f.]. OSTERWALER und PIGNEUR teilen dieses Verständnis und ordnen das Geschäftsmodell ebenfalls zwischen der Strategie und den Geschäftsprozessen ein [OP13, S. 2] (siehe Bild 2-17).

Von entscheidender Bedeutung ist, dass nicht alle Kompetenzen und Fähigkeiten im eigenen Unternehmen verfügbar sein müssen. Wichtige Hard- und Softwareprodukte zum Auswerten großer Datenmengen lassen sich beispielsweise ohne größere Probleme von externen Dienstleistern beziehen, während die IT-Infrastruktur von Cloud-Computing

²⁵ Geschäftsprozesse bestehen nach SCHMELZER aus einer funktionsübergreifenden Folge wertschöpfender Aktivitäten. Diese erzeugen vom Kunden erwartete Leistungen und erfüllen die aus der Strategie abgeleiteten Ziele [SS04, S. 52].

Anbietern zur Verfügung gestellt wird [Sch16b, S. 10]. Dennoch verändern sich auch durch die Integration verschiedener Partner interne Prozesse sowie die Organisationsstruktur im Unternehmen. Die Herausforderungen sind insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen von so großer Tragweite, dass der Transformationsprozess selten in einem Schritt durchgeführt werden kann. Viele Unternehmen sind auf kleine Schritte oder Übergangs- bzw. Hybridstrukturen angewiesen. Ein Vorteil ist, dass so ein Erfahrungsschatz aufgebaut werden kann, um redundante Arbeiten zu vermeiden [PH15, S. 21f.].

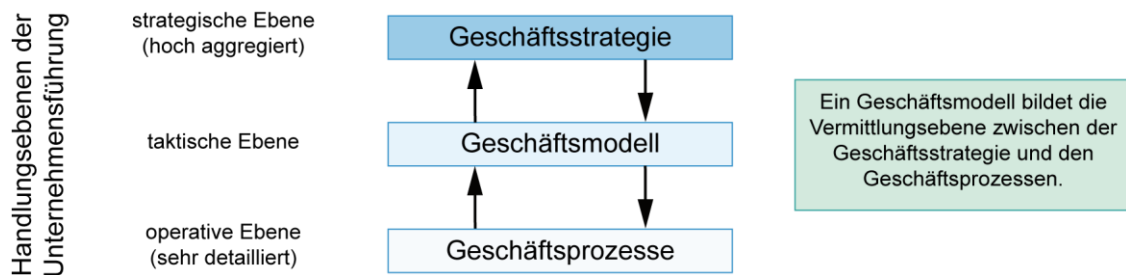


Bild 2-17: Das Geschäftsmodell als Vermittlungsebene zwischen der Geschäftsstrategie und den Geschäftsprozessen [AA10, S. 371], [Ams16, S. 22]

2.4.4 Bedeutung im Kontext der Arbeit

In Unternehmen bestehen regelmäßig bewährte Wertschöpfungssysteme. Maschinen, Prozesse und IT-Systeme sind oftmals historisch gewachsen. Sie bilden die Grundlage für zukünftige Anpassungen und müssen daher systematisch analysiert werden. Transformationsprozesse basieren immer auf einer übergeordneten Strategie und einem entsprechenden Geschäftsmodell. Wird dieses geändert oder angepasst, hat dies hat meist einen großen Einfluss auf die bestehenden Prozesse, so dass diese ebenfalls angepasst werden müssen. Dies führt in der Regel zur Notwendigkeit einer Anpassung der Organisationsstruktur [MHB15, S. 340]. Dabei beeinflussen die Änderungen wiederum weitere Prozesse. Zur Gestaltung der zukünftigen hybriden Wertschöpfung steht eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Verfügung, die unüberschaubar und auch nicht immer sinnvoll zu kombinieren sind. Aus den vielfältigen Möglichkeiten gilt es, für die Unternehmen die passenden Lösungen zu identifizieren, um das Unternehmen zielgerichtet und effizient zu transformieren.

2.5 Problemabgrenzung

Die Problemanalyse hat gezeigt, dass der Trend der zunehmenden digitalen Vernetzung und Verschmelzung von realer und virtueller Welt im großen Umfang nicht nur im gesellschaftlichen Umfeld angelangt ist, sondern mittlerweile auch Wirtschaftsbereiche erfasst [Mün16, S. 3]. In diesem Zusammenhang hat sich der Begriff der Digitalisierung etabliert. Digitalisierung beschreibt hier im industriellen Zusammenhang das Verständnis von Geschäftsmodell, Strategie und Zukunftsorientierung, das auf dem Einsatz von In-

formations- und Kommunikationstechnik beruht [Del13, S. 8f.]. Die Entwicklung in diesem Bereich dient als Treiber der Digitalisierung und liefert den Anstoß für einen tiefgreifenden Wandel, der sich in zwei Dimensionen aufteilen lässt: Die Veränderungen des Nutzens für den Kunden sowie die Gestaltung der zugehörigen Wertschöpfung (vgl. Abschnitt 2.3) [SRA+16, S. 23]. Der gesteigerte Nutzen entsteht durch den Einsatz von CPS und darauf aufbauenden Dienstleistungen (vgl. Abschnitt 2.3.2). Diese neue Art von Marktleistungen ermöglicht einen gegenüber herkömmlichen Produkten enorm gesteigerten Funktionsumfang und sprengt so traditionelle Produktgrenzen (vgl. Abschnitt 2.2). Die einhergehenden Veränderungen in bestehenden Prozessen zwingt Unternehmen jedoch dazu, praktisch alle Aktivitäten und Strukturen entlang bestehender Wertschöpfungsketten zu überdenken und anzupassen [PH15, S. 4]. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus sehen sich mit der Problematik konfrontiert, begrenzte Mittel zielgerichtet einzusetzen, um ihre Wertschöpfung anzupassen bzw. neu zu gestalten und somit den zukünftigen Unternehmenserfolg zu sichern (vgl. Abschnitt 2.4). Bei der Gestaltung des Transformationsprozesses sind drei **Herausforderungen** hervorzuheben:

- **Historisch gewachsene Wertschöpfung:** Digitale hybride Marktleistungen, stellen eine Vielzahl an neuen Anforderungen an die Wertschöpfung. Verschiedene Prozesse müssen realisiert, neue Produkte erstellt und weitere Partner eingebunden werden (vgl. Abschnitt 2.4.2). Die Anforderungen resultieren zwangsläufig aus verschiedensten Bereichen wie der Produktkonzipierung, der Servicekonzipierung oder der Geschäftsplanung und erfordern eine integrative Herangehensweise [GWW16, S. 18]. Durch die wechselseitige Beeinflussung einzelner Komponenten der hybriden Marktleistung sowie die kundenindividuelle Leistungserstellung ist die Entwicklung solcher Lösungen sehr komplex. Daher gilt es, die zukünftige Marktleistung und ihre Anforderungen zu analysieren und zu spezifizieren, da sie die Grundlage für die spätere Umsetzungsplanung sind [BLK11, S. 358f.]. In der Regel bestehen in Unternehmen bewährte und über die Zeit gewachsene Wertschöpfungssysteme. Sie bilden die Grundlage für sämtliche Anpassungen und müssen daher systematisch analysiert werden, da oftmals die Möglichkeit von Upgrades oder Anpassungen besteht. Es besteht Bedarf an einer ganzheitlichen Analyse sowohl der zukünftigen Marktleistung als auch der bestehenden Wertschöpfung.
- **Vernetzung der Wertschöpfung:** Änderungen der Marktleistungen sowie von bestehenden Wertschöpfungsprozessen haben in der Regel einen starken Einfluss auf weitere Unternehmensprozesse. Im Fokus stehen dabei solche Prozesse, die direkt und indirekt von den Änderungen betroffen sind. So ergeben sich unterschiedliche Kausalketten. Eine Veränderung im Nutzenversprechen eines Geschäftsmodells, wie das Angebot einer Verfügbarkeitsgarantie, hat gleichzeitig Auswirkungen auf die Bereiche Service (Bedarfsorientierte Wartung), Ersatzteilgeschäft (Ersatzteile müssen bei einer Störung direkt oder zeitnah verfügbar sein) oder die Buchhaltung (veränderte Abrechnungsmodelle). Das Wechselspiel zwischen Technologien, Prozessen

und der Organisationsstruktur ist oft nicht zu überschauen. Diese teils komplexen Zusammenhänge beeinflussen jedoch die zukünftige Ausgestaltung des Wertschöpfungssystems etwa bei der Entscheidung, welche zukünftigen Kompetenzen intern aufgebaut oder extern beschafft werden sollen. Es bedarf daher einer Unterstützung bei der Identifikation relevanter Prozesse, um diese anschließend effektiv gestalten zu können.

- **Umsetzungsunterstützung:** Die Gestaltung der hybriden Wertschöpfung betrifft die gesamte Struktur eines Unternehmens. Oftmals steht eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Verfügung, die unüberschaubar und auch nicht immer sinnvoll zu kombinieren sind. Des Weiteren determiniert die Anpassung von Wertschöpfungsschritten zum Teil Voraussetzungen, wie der Einsatz von bestimmten Technologien oder unterstützenden Prozessschritten, die parallel realisiert werden müssen. Die begrenzten Ressourcen, insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen, und die oft fehlende Strategie erhöhen den Druck auf Unternehmen, ihre Prozesse anzupassen. Vor allem die Umsetzungsgeschwindigkeit spielt dabei eine große Rolle. Die Gefahr von Intermediären, die versuchen, sowohl die Daten- als auch die Kundenschnittstelle zu besetzen, steigt und könnte aktuelle Hersteller von physischen Produkten zu austauschbaren Zulieferern degradieren [KRH+14, S. 25], [Exp16, S. 70]. Aktuell fehlt es an einer geeigneten Umsetzungsunterstützung sowie einem Strukturierungsrahmen für Unternehmen, die beschriebene Transformation rational und unter Zeitdruck zu gestalten.

Aus den geschilderten Herausforderungen ergibt sich ein Bedarf für eine Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen. Diese soll Fachleute, die sich mit der strategischen Ausrichtung von Unternehmen befassen, bei der Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfung unterstützen.

2.6 Anforderungen an eine Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen

Aus der Ausgangssituation und den aufgezeigten Handlungsfeldern resultieren folgende Anforderungen an eine Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen:

Allgemeingültige Anforderungen

A1) Gestaltung der hybriden Wertschöpfung

Die Systematik soll Unternehmen in die Lage versetzen, ihre Wertschöpfung methodisch an die neuen Herausforderungen der digitalisierten Welt anzupassen. Sie soll den Anwender unterstützen, sowohl die interne, die externe als auch die digitale Struktur zu gestalten. Das Vorgehen soll sich dabei an der bestehenden Wertschöpfung orientieren und die Transformation zielgerichtet unterstützen (siehe Abschnitt 2.1.5).

A2) Orientierung an dem Handlungsrahmen der zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung

Leistungserstellungsprozesse folgen einer Geschäftsstrategie sowie innovativen Geschäftsmodellen und sind die Grundlage für die Erstellung materieller und immaterieller Marktleistungen. Sie bilden die Basis für den wirkungsvollen Einsatz der zur Leistungserstellung benötigter Systeme. Die Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen soll diesem Handlungsrahmen folgen, um dem verbindenden und vernetzten Charakter der Digitalisierung gerecht zu werden (siehe Abschnitt 2.4.3). Die Systematik soll sich zwischen der Strategieebene und der Prozessebene einordnen und als Grundlage für die anstehende Transformation der Wertschöpfungsprozesse dienen.

Historisch gewachsene Wertschöpfung

A3) Berücksichtigung bestehender Wertschöpfung

Im mittelständisch geprägten Maschinen- und Anlagenbau ist der Bestand an Maschinen, IT-Systemen sowie Prozessen in der Regel gewachsen. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen ist es aufgrund geringer Ressourcen und Knowhows wichtig, die Gestaltung ihrer zukünftigen Wertschöpfung auf Basis bestehender Systeme und Prozesse zu realisieren. Weiterhin stehen Unternehmen vor der Herausforderung, auch in Zukunft ihre traditionellen Produkte anbieten zu müssen und somit auch gegenwärtige Wertschöpfungssysteme zu nutzen (siehe Abschnitt 2.3.3).

A4) Berücksichtigung von Anforderungen der zukünftigen Marktleistung

Innovative Leistungen, wie hybride Marktleistungen, stellen Unternehmen vor eine Vielzahl von Herausforderungen. Um die zukünftige Wertschöpfung effektiv und zielgerichtet planen und gestalten zu können, ist eine Analyse sämtlicher Anforderungen notwendig. Dazu zählen Aspekte der Produktkonzipierung, der Servicekonzipierung, der bestehenden Wertschöpfung sowie der Unternehmensplanung (siehe Abschnitt 2.3.2 und 2.2.3).

Vernetzung der Wertschöpfung

A5) Identifikation von Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Bereichen

Die Transformation und Gestaltung von Wertschöpfungsprozessen beeinflusst sowohl angrenzende als auch auf den ersten Blick entferntere Bereiche und Prozesse in Unternehmen. Die Systematik soll bei der Identifikation der Bereiche und der Bewertung der Stärke des Einflusses unterstützen. So können primär solche Bereiche gestaltet werden, die am gravierendsten von Änderungen betroffen sind. Zudem kann so die Ganzheitlichkeit der Transformation sichergestellt werden (siehe Abschnitt 2.4.2).

A6) Interdisziplinarität und allgemeine Verständlichkeit

Die Transformation von Unternehmen und deren bestehender Wertschöpfung betrifft eine Vielzahl von Unternehmensbereichen und Disziplinen. So sind hybride Marktleistungen vernetzte Systeme, deren Gesamtfunktionalität sich erst durch das Zusammenspiel der Teilsysteme erschließt. Vor diesem Hintergrund ist es essenziell, dass Techniken und Methoden allgemeinverständlich sind und Aspekte sämtlicher beteiligter Disziplinen in der Systematik berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 2.2, 2.3.1 und 2.4.1).

Umsetzungsunterstützung

A7) Analyse und Einsatz erfolgreicher Lösungen

Die Verwendung von wiederkehrenden und bereits erprobten Ausprägungen von Wertschöpfungssystemen steigert die Handlungsfähigkeit in der Anwendung. Aktuell wurden bereits vielfach Marktleistungen im Zuge der Digitalisierung neu konzipiert und erfolgreich eingesetzt. Dieses Wissen und die Erfahrungen soll genutzt werden, um Unternehmen bei der eigenen Umsetzung zu unterstützen. Dies erhöht die Umsetzungsgeschwindigkeit und dient als Orientierungsrahmen bei den unzähligen Gestaltungsoptionen (siehe Abschnitt 2.4.3).

A8) Strukturierungsrahmen für hybride Wertschöpfung

Die hybride Wertschöpfung unterscheidet sich in vielen Bereichen von der traditionellen Wertschöpfung (siehe Abschnitt 2.4.2). Aktuelle generische Modelle zur Beschreibung von Unternehmen erfassen die Struktur eines „hybriden“ Unternehmens daher nicht mehr ausreichend. Die Systematik soll deshalb einen Rahmen bzw. eine Architektur eines hybriden Unternehmens bereitstellen. Dieser soll als Strukturierungsinstrument die Ausgestaltung der hybriden Wertschöpfung unterstützen (siehe Abschnitt 2.4.3).

A9) Systematisches Vorgehen

Die verschiedenen Möglichkeiten der Digitalisierung eröffnen Unternehmen enorme und unüberschaubare Optionen, ihre Marktleistung und die dafür benötigte Wertschöpfung zu gestalten. Besonders kleinen und mittleren Unternehmen muss es erleichtert werden, ihre oft begrenzten Ressourcen effektiv einzusetzen. Die Systematik muss diese Unternehmen dabei unterstützen, bei der Gestaltung zielgerichtet und systematisch vorzugehen (siehe Abschnitt 2.3.3 und 2.4.3).

Die beschriebenen Anforderungen bilden die Rahmenbedingungen für die Erarbeitung der Systematik Gestaltung Hybrider Wertschöpfung im Maschinen- und Anlagenbau. Anhand dieser Anforderungen werden in Kapitel 3 bestehende Ansätze gespiegelt, um den wissenschaftlichen Handlungsbedarf herauszustellen.

3 Stand der Technik

Vor dem Hintergrund der Problemanalyse werden in Kapitel 3 relevante Ansätze und Arbeiten in Hinblick auf die Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen untersucht. In vielen Unternehmen bestehen historisch gewachsene Strukturen und Prozesse. Daher befasst sich Abschnitt 3.1 mit Ansätzen zur Aufnahme und Analyse bestehender Wertschöpfung. Gegenstand von Abschnitt 3.2 sind Verfahren zur Analyse von Auswirkungen und Einflüssen durch die sich ändernde Wertschöpfung. Bestehende Ansätze zur Gestaltung der Wertschöpfung werden in Abschnitt 3.3 diskutiert. Abschnitt 3.4 umfasst den Abgleich der in Kapitel 2 aufgestellten Anforderungen mit dem zuvor dargestellten Stand der Technik. Durch diese Bewertung wird der Handlungsbedarf für diese Arbeit hergeleitet.

3.1 Analyse bestehender Wertschöpfung

In der Regel bestehen in Unternehmen gewachsene und bewährte Wertschöpfungssysteme. Sie bilden die Grundlage für sämtliche Anpassungen und müssen daher im Zuge der Gestaltung der Wertschöpfung systematisch analysiert werden. Im Folgenden werden daher ausgewählte Ansätze zur Analyse der Wertschöpfung vorgestellt. Das Supply-Chain-Operations-Reference Modell (SCOR-Modell) kann als Standard zur Beschreibung von Liefer- und Produktionsketten angesehen werden. Es stellt eine Vielzahl von Referenzprozessen auf verschiedenen Ebenen zur Verfügung. Mit der objektorientierten Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und –analyse, der Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI und dem Service Blueprinting werden drei modellbasierte Ansätze präsentiert, die unterschiedliche Schwerpunkte bei der Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungsprozessen aufweisen.

3.1.1 Supply-Chain-Operations-Reference Modell (SCOR)

Das SCOR-Modell wurde durch das Supply Chain Council veröffentlicht und gilt als Referenzmodell und branchenübergreifender Standard für die Beschreibung und Steuerung von Liefer- und Produktionsketten [SCC08, S. i.1]. Es wurde entwickelt, um unternehmensinterne und unternehmensexterne Geschäftsprozesse zu dokumentieren, die an der Erfüllung von Kundenanforderungen beteiligt sind [BPR07, S. 16], [PS14, S. 83]. Die Geschäftsprozesse orientieren sich dabei an den Kernaktivitäten eines Unternehmens: *Planen, Beschaffen, Herstellen, Liefern* sowie *Rückliefern* und umfassen alle auftragsbezogenen Interaktionen zwischen den Unternehmen und den Märkten bzw. Kunden sowie die physischen Prozesse bis hin zum Endverbraucher. Die einzelnen Prozesse werden in jedem an der Wertschöpfung beteiligtem Unternehmen umgesetzt und sind individuell ausprägen. Zusätzliche Unternehmensprozesse und Aufgabenbereiche wie das Marketing oder der Kundenservice sind aktuell nicht Teil des SCOR-Modells [HM02, S. 211].

Das SCOR-Modell ist hierarchisch aufgebaut und gliedert sich in drei bzw. vier Detaillierungsebenen (siehe Bild 3-1). Die oberste Ebene dient zur groben Unterscheidung und zur Abgrenzung des Aufgabenumfangs zwischen den bereits genannten Kernprozessen. Die zweite Ebene untergliedert die jeweiligen Prozesse in Prozesskategorien. Diese dienen der Erfüllung spezifischer Teilaufgaben, bspw. der Beschaffung von Dienstleistungen. Es sind insgesamt 17 Prozesskategorien definiert, die zu individuellen Ketten kombiniert werden können. Die Kategorien werden wiederum in drei Bereiche unterteilt [HM02, S. 211], [SCC08]:





	Ebene		Schema	Anmerkungen
	Nummer	Beschreibung		
Supply Chain Operations Reference Modell	1 	Höchste Ebene (Prozesse)	Planen, Beschaffen, Herstellen, Liefern	Ebene 1 definiert Umfang und Inhalt einer Supply Chain. Es werden die Grundlagen für die Leistungsziele der Unternehmen in der Supply Chain festgelegt.
	2 	Konfigurationsebene (Prozesskategorien)	Lagerproduktion, Auftragsfertigung, Auftragsentwicklung, Wartung, Reparatur, Instandhaltung	Ebene 2 definiert die Operations-Strategie. Des Weiteren werden auf Ebene 2 die Prozessfähigkeiten für die Supply Chain Lieferkette definiert.
	3 	Gestaltungsebene (Prozesselemente)	Lieferungen planen, Produkt erhalten, Produkt verifizieren, Produkt transferieren, Zahlung veranlassen	Ebene 3 legt die Konfigurationen der einzelnen Prozesse fest und spezifiziert deren Ausführung. Im Fokus stehen: <ul style="list-style-type: none"> • Prozesse • Inputs und Outputs • Leistungsfähigkeit der Prozesse • Best practices • Technologische Fähigkeiten • Mitarbeiterkompetenzen
Nicht im Modell enthalten	4 	Implementierungsebene (Detaillieren der Prozesselemente)	Industrie-, Firmen-, Standort- und/oder Technologie-spezifische Schritte	Ebene 4 beschreibt die Aktivitäten innerhalb der Supply Chain. Unternehmen implementieren spezifische Prozesse um die erforderliche Leistungsfähigkeit zu erreichen

Bild 3-1: Die vier Ebenen des SCOR-Modells nach [SCC08, S. i.3]

- **Planning** (Planung) umfasst alle Prozesse, die zur Planung von Tätigkeiten in festen Zeitintervallen dienen [HM02, S. 212].
- **Execution** (Ausführung) umfasst alle Prozesse, die an der Wertschöpfung des jeweiligen Unternehmens beteiligt sind [HM02, S. 212].
- **Enable** (Ermöglichung) umfasst Prozesse, die der Vorbereitung und Verwaltung von Informationen und Informationsbeziehungen dienen, die für die *Planning*- und *Execution*-Ebene notwendig sind [HM02, S. 212].

In der dritten Ebene werden die Prozesskategorien aus Ebene 2 in einzelne Prozesselemente untergliedert, und logisch angeordnet [HM02, S. 214] [SCC08]. Es existiert noch eine vierte Ebene, die jedoch nicht offizieller Teil des SCOR-Modells ist. Es existieren daher auch keine Referenzinhalte, wie es in den anderen Ebenen der Fall ist. Auf dieser

Ebene werden die einzelnen Prozesselemente in einzelne Aktivitäten aufgegliedert was unternehmensindividuell durchzuführen ist [SCC08, S. i.2f.].

Die Kernprozesse, die Inhalt der ersten beiden Ebenen sind, dienen der direkten Leistungserstellung. Die Prozesse der dritten Ebene befähigen Unternehmen, die Leistungserstellung durchzuführen und sind somit indirekt an der Leistungserstellung beteiligt. Die Prozesse lassen sich um Managementprozesse erweitern. Diese repräsentieren die Aktivitäten, die zur Führung eines Unternehmens notwendig sind. Dazu gehören Aktivitäten wie das Erschließen von Märkten oder die Planung einer Strategie [GP14, S. 275].

Beurteilung: Das SCOR-Modell ist ein komplexes Referenzmodell aus dem Bereich des Supply-Chain Management. Im Fokus des Modells stehen Prozesse zur Leistungserstellung sowie weitere wertschöpfende Prozesse. Diese unterteilen sich in Kern- sowie Unterstützungsprozesse und betrachten die gesamte Logistikkette vom Rohmaterial bis hin zum Endkunden. Die Vielzahl der Referenzprozesse kann als Ausgangspunkt für die Aufnahme und Analyse der bestehenden Wertschöpfung genutzt werden. Es gibt jedoch nur ein grob beschriebenes Vorgehen. Zudem ist die Einarbeitung in die große Anzahl unterschiedlicher Prozesse sehr zeitintensiv. Das SCOR-Modell umfasst keine Service-Prozesse sowie keine Betrachtung der Marktleistung. Durch die Einordnung der Prozesse in sogenannte Managementprozesse wird ein grober Rahmen zur Gestaltung wertschöpfender Prozesse zur Verfügung gestellt. Dieser eignet sich jedoch nicht für die ganzheitliche Gestaltung hybrider Wertschöpfung.

3.1.2 Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)

Die Methode OMEGA ist eine objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse: Sie wurde am *Heinz Nixdorf Institut* entwickelt und wurde zusammen mit der Unity AG¹ weiterentwickelt [Fah95], [GP14, S. 254]. Ziel der Methode ist die Möglichkeit einer intuitiven und vollständigen Modellierung von Ablauforganisationen in einem Modell, sowie die einfache und prägnante Analyse und Planung von Leistungserstellungsprozessen. Die Modellierung einer Ablauforganisation bedeutet, sowohl die Objekte der Aufbau- als auch die der Prozessorganisation des Unternehmens in einem Modell ganzheitlich abzubilden. Dies erfolgt durch das Zuordnen von Organisationseinheiten zu Geschäftsprozessen. Die Methode stellt dafür eine grafische Notation zur Verfügung, die die wesentlichen Sachverhalte veranschaulicht [GP14, S. 254]. Die wichtigsten Konstrukte (siehe Bild 3-2) werden nachfolgend erläutert.

¹ Die UNITY AG ist eine technologieorientierte Managementberatung [UNI17-ol]

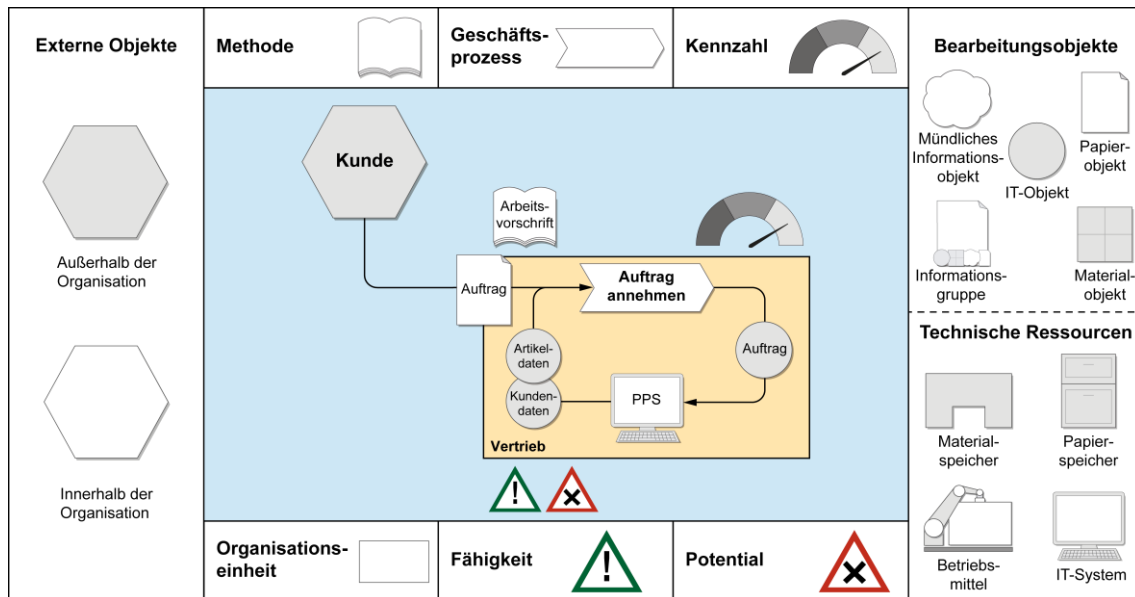


Bild 3-2: Überblick über die Konstrukte der Methode OMEGA [GP14, S. 254]

Ein **Geschäftsprozess** bezeichnet eine Folge logisch zusammenhängender Aktivitäten zur Transformation eines Objektes oder zur Erbringung eines Ergebnisses. Geschäftsprozesse können beliebig in Teilprozesse aufgeteilt oder zu Hauptgeschäftsprozessen zusammengeführt werden. Anfang und Ende des Prozesses sind durch Input bzw. Auslöser und Output bzw. Ergebnis fest definiert und werden als **Bearbeitungsobjekte** bezeichnet. Diese unterscheiden sich bei OMEGA in IT-Objekte, Papierobjekte, mündliche Informationsobjekte, Materialobjekte und Informationsgruppen. Die Durchführung eines Geschäftsprozesses wird durch **technische Ressourcen** unterstützt. Zu diesen zählen IT-Systeme, allgemeine Betriebsmittel, Papierspeicher sowie ein Materialspeicher. Die Stelle in der Aufbauorganisation, die den jeweiligen Prozess durchführt bzw. diesen verantwortet, wird durch das Konstrukt **Organisationseinheit** repräsentiert. Unternehmensinterne Objekte, die jedoch nicht zu der ausführenden Organisationseinheit gehören, werden als **interne Objekte** dargestellt. Einheiten aus dem Unternehmensumfeld werden als **externe Objekte** bezeichnet und stellen Schnittstellen einzelner Prozesse zu ihrer Umwelt dar. Dies sind bspw. externe Unternehmen oder Personen. Sämtliche Objekte und Ressourcen werden über Kommunikationsbeziehungen miteinander verbunden. Diese visualisieren den Informations- und Materialfluss innerhalb des Unternehmens und haben genau einen Sender und einen Empfänger [GP14, S. 254ff.].

Die Modellierung wird durch ein graphisch interaktives IT-Werkzeug, den OMEGA Process Modeller, unterstützt. Dieses erleichtert das Erzeugen, Analysieren und Optimieren von Geschäftsprozessmodellen.

Beurteilung: OMEGA stellt eine leicht verständliche Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse zur Verfügung. Einzelne Prozesse, Ressourcen und zugehörige

Organisationseinheiten lassen sich durch verständliche Symbole intuitiv darstellen und anordnen. Kern von OMEGA ist die Abbildung und Analyse bestehender Prozesse sowie eine darauf aufbauende Verbesserung. Die darstellbaren Prozesse umfassen neben Produktions- und Geschäftsabläufen auch Dienstleistungsprozesse und sind in ihrer Granularität flexibel. OMEGA scheint insbesondere für die Ist-Aufnahme interner Prozesse geeignet zu sein. Gleichwohl lässt sich das Vorgehen adaptieren, um bestehende Wertschöpfungssysteme im Rahmen einer Ist-Aufnahme zu erfassen. Zur ganzheitlichen Abbildung von Wertschöpfungssystemen inklusive der Marktleistung würde jedoch eine Erweiterung der bestehenden Modellkonstrukte notwendig sein.

3.1.3 Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI

Im vom *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie* geförderten Forschungsprojekt GEMINI (Geschäftsmodelle für Industrie 4.0) wurde eine Methode zur Modellierung von Wertschöpfungssystemen entwickelt. Diese soll die Lücke zwischen Erfolg versprechenden, jedoch interpretierbaren Geschäftsmodellkonzepten und der tatsächlich geplanten Wertschöpfungsstruktur schließen. Ziel der Methode ist neben der vollständigen Modellierung von Wertschöpfungssystemen, ein Instrument zur intuitiven, prägnanten Visualisierung, anschaulichen Analyse sowie zur Planung von Wertschöpfungsaktivitäten. Dieses ermöglicht neben der Modellierung komplexer Systeme auch die Analyse bereits bestehender Wertschöpfungssysteme. Ausgangspunkt bei der Gestaltung von dieser Systeme ist ein Geschäftsmodell. Anschließend erfolgt eine Zuordnung von Wertschöpfungseinheiten zu Aktivitäten, Ressourcen und deren Beziehungen. Die Modellierungssprache stellt eine graphische Notation zur Verfügung, die alle relevanten Sachverhalte von Wertschöpfungssystemen (z. B. Prozessketten, Austausch von Leistungen) anschaulich verdeutlicht und den Anwender bei der Planung und Analyse unterstützt. Es wird ein Set an verschiedenen Konstrukten bereitgestellt, welches Aspekte der Modellierungssprache OMEGA aufgreift (siehe Bild 3-3) [EGK+16, S. 49].

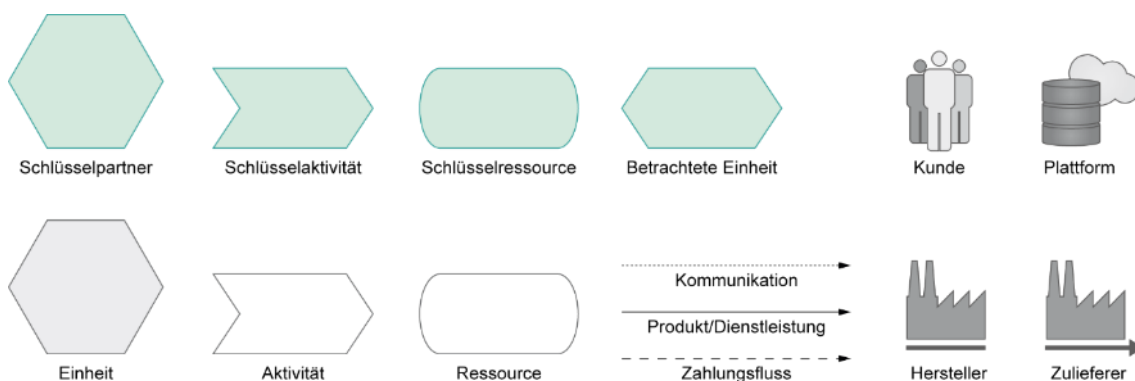


Bild 3-3: Konstrukt der Modellierungssprache für Wertschöpfungssysteme [GWE+17] S. 69]

Geschäftsprozesse werden ebenfalls als eine Folge logisch zusammenhängender Aktivitäten zur Transformation oder Ergebniserbringung angesehen. Dabei sind insbesondere

Schlüsselaktivitäten für die Erbringung eines Nutzenversprechens einer Marktleistung von besonderer Bedeutung [GWE+17] S. 69].

Wertschöpfungseinheiten repräsentieren eine Stelle im Wertschöpfungssystem (bspw. ein Unternehmen) die einen bestimmten Geschäftsprozess ausführen, Ressourcen bereitstellen, den Prozess verantworten sowie in Verbindung zu anderen Wertschöpfungseinheiten steht. Für das Geschäftsmodell essenzielle Wertschöpfungseinheiten werden als **Schlüsselpartner** bezeichnet und sind visuell hervorgehoben. Die betrachtete Einheit repräsentiert den Kern des jeweiligen Geschäftsmodells – das Nutzenversprechen und die zugehörige Marktleistung [GWE+17, S. 67ff.]. **Ressourcen** unterstützen die Durchführung von Geschäftsprozessen bzw. **Schlüsselaktivitäten**. Typische Ressourcen sind IT-Systeme, Betriebsmittel sowie spezifische Fähigkeiten der Mitarbeiter. **Schlüsselressourcen** sind analog zu den Schlüsselaktivitäten und – partnern von besonderer Bedeutung für das Geschäftsmodell und die zugehörige Marktleistung. Die unterschiedlichen Konstrukte werden durch Beziehungen in Verbindung gesetzt. Diese verketteten Geschäftsprozesse, Wertschöpfungseinheiten und Ressourcen. Die Modellierungssprache unterscheidet dabei in Kommunikations-, Produkt-/Dienstleistungs-, sowie Zahlungsbeziehungen. Zur Unterstützung des Anwenders wurden verschiedene Spezifikationselemente definiert. Diese spiegeln häufig verwendete Rollen wider und charakterisieren die Wertschöpfungseinheiten [GWE+17, S. 76ff.]. Bild 3-4 zeigt ein mit der Modellierungssprache nach GEMINI modelliertes Wertschöpfungssystem.

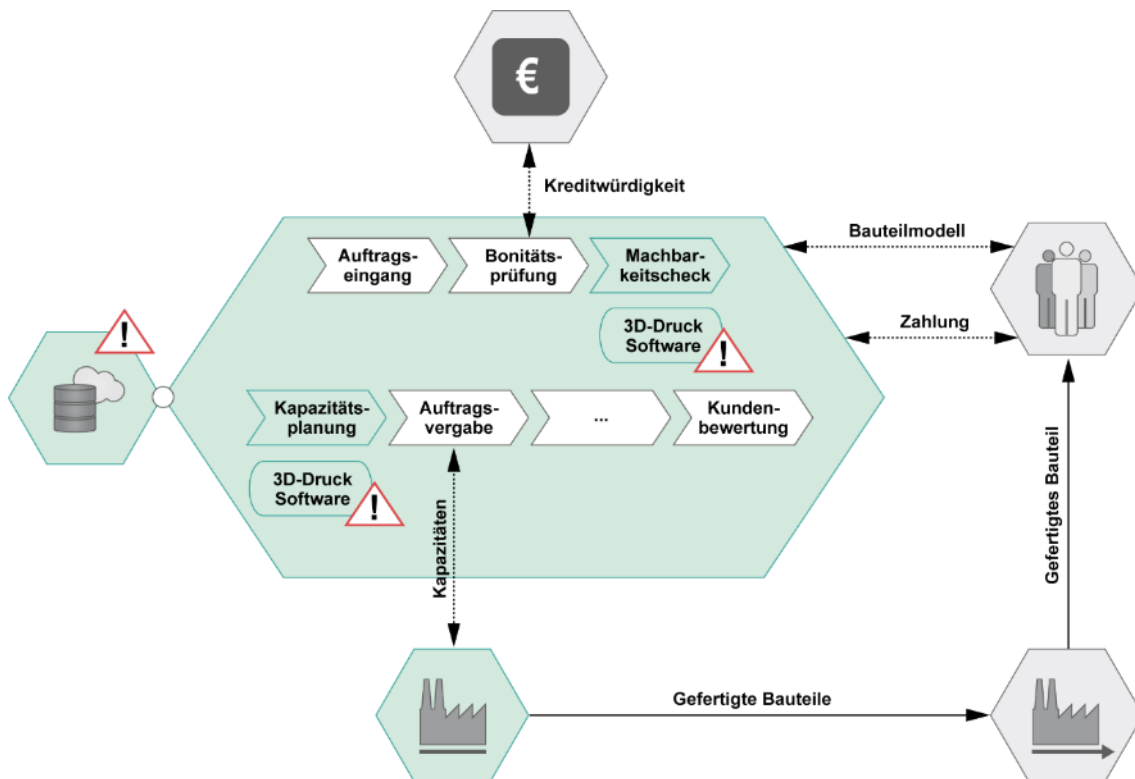


Bild 3-4: Modelliertes Wertschöpfungssystem (vereinfachte Darstellung) [SMG16, S. 108]

Grundlage für eine sich anschließende Analyse des Wertschöpfungssystems ist dessen formalisierte Darstellung. Die Fragestellung dabei ist, ob dieses alle wichtigen Aspekte des Geschäftsmodells abbildet und der Informationsgrad für die weitere Umsetzung ausreicht. Durch eine Analyse des Wertschöpfungssystems können die Schwachstellen sowie mögliche Verbesserungspotentiale innerhalb des Systems identifiziert werden, um in der weiteren Ausgestaltung geeignete Anpassungen vornehmen zu können.

Beurteilung: Die zentrale Aufgabe der Modellierungssprache für Wertschöpfungssysteme ist die Operationalisierung von Geschäftsmodellen und eine darauf aufbauende Analyse. Dafür werden intuitiv verständliche Symbole und verschiedene Spezifikationselemente zur Verfügung gestellt. Die überschaubare Anzahl der Konstrukte macht eine Anwendung ohne aufwändige Einarbeitung möglich. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz in der industriellen Praxis, insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen. Die Methode erleichtert die Analyse und Ist-Aufnahme relevanter Prozesse und Organisationseinheiten über Unternehmensgrenzen hinweg und bietet Möglichkeiten zur Analyse der aufgenommenen Systeme. Der Detaillierungsgrad ist flexibel und ermöglicht so die Identifikation sämtlicher an der Wertschöpfung beteiligten Einheiten. Ausgangspunkt der Modellierung zukünftiger Wertschöpfungssysteme ist das Geschäftsmodell. So ist eine Berücksichtigung der zukünftigen Marktleistung gewährleistet.

3.1.4 Service-Blueprinting

Service-Blueprinting ist eine Methode zur Visualisierung, Entwicklung, Gestaltung, Analyse und Steuerung von Dienstleistungsprozessen. Die Idee zur strukturierten Darstellung von Dienstleistungsprozessen wurde erstmals 1984 von SHOSTACK vorgestellt und in den folgenden Jahren weiterentwickelt [Fli09, S. 194], [Sho82, S. 49ff.]. Mit Hilfe des Service-Blueprinting lassen sich Dienstleistungen als ein integriertes Ganzes analysieren. Sowohl die Struktur der Dienstleistung als auch der entsprechende Prozess lassen sich detailliert darstellen [San16, S. 26]. Gegenwärtig existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Blueprinting-Konzepte mit jeweils verschiedenen Schwerpunkten. Diese lassen sich im Wesentlichen in Ansätze zur Spezifikation der Kundenmitwirkung, Ansätze zur Strukturierung von Kundenaktivitäten und Ansätze zur Erfassung konkreter Aktivitäten des Kunden unterteilen [San16, S. 31].

Grundlage der Untersuchungen in dieser Arbeit sind die Arbeiten von FLIEß (siehe [Fli09]). Ein Service-Blueprint stellt dabei ein vollständiges Ablaufdiagramm einer Dienstleistung dar, das die Aktivitäten zur Erbringung in eine chronologische Reihenfolge bringt. Der Blueprint zeigt dabei grundsätzlich immer den gleichen Aufbau. Nach der Reihenfolgebildung werden die Aktivitäten unterschiedlichen Ebenen zugeordnet. Insgesamt lassen sich fünf verschiedene Ebenen voneinander unterscheiden [Fli09, S. 194ff.] (siehe Bild 3-5). Die **Kundeninteraktionslinie** (line of interaction) trennt die Kundenaktivitäten von den Anbieteraktivitäten. Typische Kundenaktivitäten lassen sich am Beispiel einer Autovermietung darstellen.

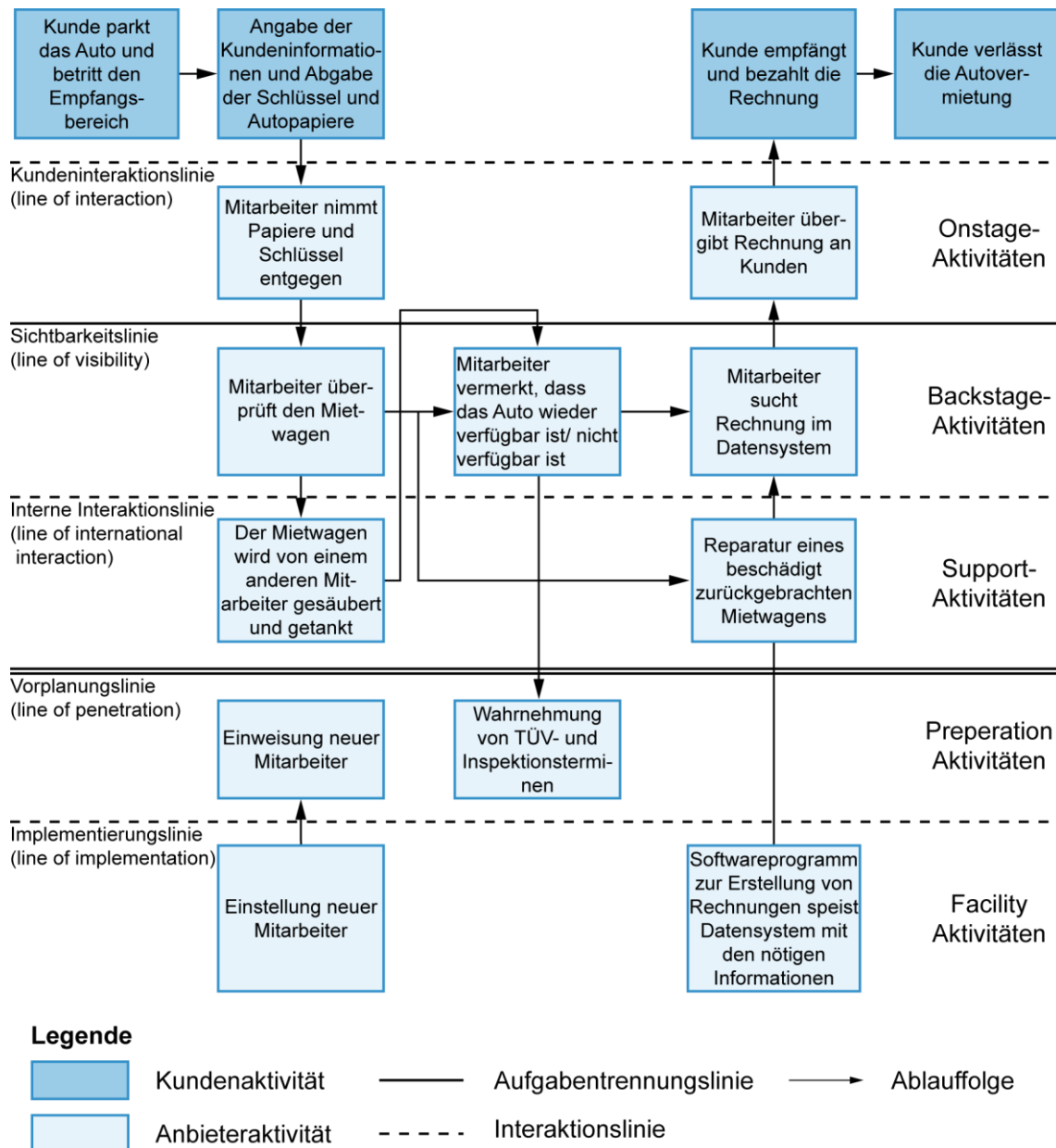


Bild 3-5: Beispielhafter Service-Blue-Print einer Autovermietung [Fli09, S. 196]

Dies wäre u.a. das Parken des Autos und die Abgabe des Autoschlüssels. Die **Sichtbarkeitslinie** (line of visibility) trennt die für den Kunden sichtbaren von den nicht sichtbaren Anbieteraktivitäten. Zu den nicht sichtbaren Aktivitäten gehören in dem genannten Beispiel u.a. Backoffice-Aktivitäten wie das Überprüfen des Fahrzeuges. Mit der **internen Interaktionslinie** (line of internal interaction) lassen sich wiederum unterstützende Aktivitäten von den für den Kunden nicht sichtbaren Aktivitäten trennen. Dies könnte beispielhaft das Säubern des Autos sein. Die **Vorplanungslinie** (line of order penetration) unterscheidet zwischen den Aktivitäten des Leistungserstellungsprozesses und den Aktivitäten des Leistungspotentials. Dabei sind sämtliche Aktivitäten oberhalb der Trennlinie kundeninduziert, während sämtliche Aktivitäten unterhalb der Linie kundenunabhängig sind. Die letzte Ebene wird durch die **Implementierungslinie** (line of implementation)

unterteilt. Aktivitäten die auf dieser Ebene stattfinden, dienen insbesondere der Vorbereitung der Leistungserstellung. [Fli09, S. 195f.]

Beurteilung: Service-Blueprinting unterstützt den Anwender bei der Darstellung aller Aktivitäten, die zur Erbringung einer Dienstleistung notwendig sind. Die Aktivitäten werden auf verschiedenen Ebenen angeordnet und lassen sich in eine chronologische Reihenfolge bringen. Der Ansatz ermöglicht die transparente Darstellung sowie die Analyse von Dienstleistungsprozessen. Die Abgrenzung der verschiedenen Ebenen unterstützt zudem bei der Darstellung der einzelnen Aktivitäten im Hinblick auf die Abhängigkeit der Prozesse zum Kunden. Der Ansatz kann bei der Analyse der Dienstleistungsaktivitäten unterstützen, er fokussiert jedoch nur sehr bedingt die ganzheitliche Analyse sämtlicher an der Leistungserstellung beteiligten Prozesse.

3.2 Einfluss- und Auswirkungsanalyse

Änderungen der Marktleistung und bestehenden Wertschöpfungsprozessen haben in der Regel einen starken Einfluss auf weitere Wertschöpfungsprozesse. Im Fokus stehen dabei solche Prozesse, die direkt und indirekt von den Änderungen betroffen sind. So ergeben sich unterschiedliche Kausalketten. Im Folgenden werden Ansätze vorgestellt, die sich mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten mit der Analyse von Einflüssen und Auswirkungen befassen. Aus dem Bereich der multivarianten Analysemethoden wird die *Multidimensionale Skalierung* betrachtet. Die *Analyse des systematischen Verhaltens* analysiert die Auswirkungen einzelner Faktoren auf einen betrachteten Gegenstand, während mit der *Assoziationsanalyse* ein Verfahren aus dem Bereich des Data-Mining vorgestellt wird, welches auch als Warenkorbanalyse bekannt ist. Das *Strukturelle Komplexitätsmanagement* ist ein Ansatz aus dem Bereich der Produktentstehung zur Analyse vernetzter Systeme. Abschließend wird mit der Auswirkungsanalyse nach AHSEN ET AL. ein Verfahren präsentiert, welches sich an der Wertkette nach PORTER orientiert.

3.2.1 Multidimensionale Skalierung

Die Multidimensionale Skalierung (MDS) zählt zu den multivarianten Analysemethoden, welche die zeitgleiche Untersuchung mehrerer unabhängiger Variablen ermöglichen. Eine MDS umfasst Verfahren, mit denen sich Objekte auf Basis ihrer Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit gemeinsam in einem zweidimensionalen Raum darstellen lassen [BEW+16, S. 611], [GP14, S. 67]. Die Bewertung der Ähnlichkeiten erfolgt dabei auf Grundlage der subjektiven Empfindung in verschiedenen Dimensionen [BEW15, S.350]. Je näher zwei Objekte im sich ergebenden multidimensionalen Raum beieinander liegen, desto ähnlicher werden diese empfunden. Die räumliche Darstellung hat den Vorteil, dass ähnliche Produkte, Kunden etc., schnell erkennbar sind und sich so identifizieren lassen. Das grundsätzliche Vorgehen bei der Multidimensionalen Skalierung wurde von BACKHAUS beschrieben und lässt sich in vier Schritte unterteilen (siehe Bild 3-6). Diese werden in der Praxis rechnerunterstützt durchgeführt.

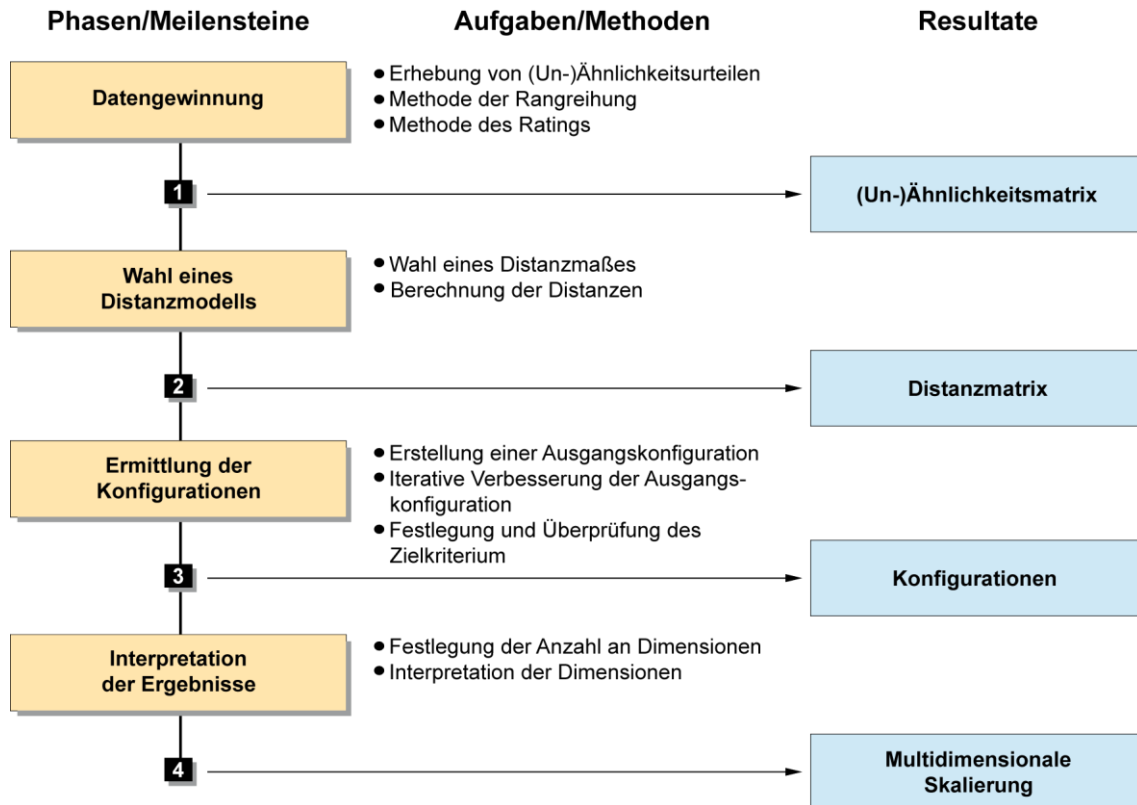


Bild 3-6: Vorgehensmodell zur Erstellung einer Multidimensionalen Skalierung in Anlehnung an BACKHAUS ET AL. [BEW+16, S. 612ff.], [Ams16, S. 64]²

Datengewinnung: Im Zuge der Datengewinnung werden Ähnlichkeits- oder Unähnlichkeitsurteile von unterschiedlichen Personen erfasst. Dies sind beispielsweise potentielle Käufer einer Produktklasse. Die Bewertung erfolgt nicht für einzelne Objekte, sondern immer für Paare von Objekten. Für die Erhebung werden in der Regel die Methode der Rangreihung oder die Methode des Ratings genutzt. Bei der Methode der Rangreihung sortieren die befragten Personen eine gegebene Anzahl von Objektpaaren nach absteigender Ähnlichkeit. Bei der Methode des Ratings wird die Ähnlichkeit der Objektpaare anhand einer Skala bewertet. Im Gegensatz zur ersten Methode können hier zwei Objektpaare gleich bewertet werden. Die Ergebnisse der Datengewinnung werden abschließend in einer Ähnlichkeitsmatrix dokumentiert [BEW+16, S. 612f.].

Wahl eines Distanzmodells: Die grafische Darstellung der gewonnenen Daten erfolgt mittels MDS. In dieser sind die Objekte so angeordnet, dass ähnliche Objekte dicht beieinander liegen. Um dies zu realisieren, muss ein entsprechendes Distanzmaß ausgewählt werden. In der Praxis ist die euklidische Metrik am gebräuchlichsten. Diese entspricht der menschlichen räumlichen Vorstellung und gibt die kürzeste Entfernung zweier Punkte zueinander an. Ein alternatives Distanzmodell bildet bspw. die City-Block-Metrik. Dabei

² BACKHAUS ET AL. schlagen die „Aggregation von Personen“ als weitere Phase vor [BEP+16, S.617]. Diese ist aber optional und daher an dieser Stelle nicht aufgeführt.

berechnet sich die Distanz zwischen zwei Objekten als Summe der absoluten Abstände aus den einzelnen Dimensionen. Die Resultate des Distanzmodells werden in einer Distanzmatrix dokumentiert.

Ermittlung der Konfigurationen: Die Ermittlung einer möglichst guten Konfiguration erfolgt anhand eines iterativen Vorgehens. Startpunkt ist eine zufällige Ausgangskonfiguration, welche anschließend schrittweise zu verbessert wird. Das dafür benötigte Gütemaß, welches das Zielkriterium darstellt, wird als Stress-Maß bezeichnet. Es stellt ein Maß für die Varianz dar und sollte möglichst geringe Werte aufweisen [BEW+16, S. 614f.]. Das Vorgehen bei der Anordnung wird nachstehend erläutert (siehe Bild 3-7). Die Anordnung der ersten beiden Objekte erfolgt zunächst willkürlich, beispielweise werden die beiden Städte Basel und Berlin willkürlich im Raum positioniert. Für die Stadt Frankfurt ist bekannt, dass diese 337 km entfernt von Basel und 555 km entfernt von Berlin liegt. Die Schnittpunkte zweier Radien um die jeweiligen Städte ergeben also den Standort von Frankfurt. [GP14, S. 68]

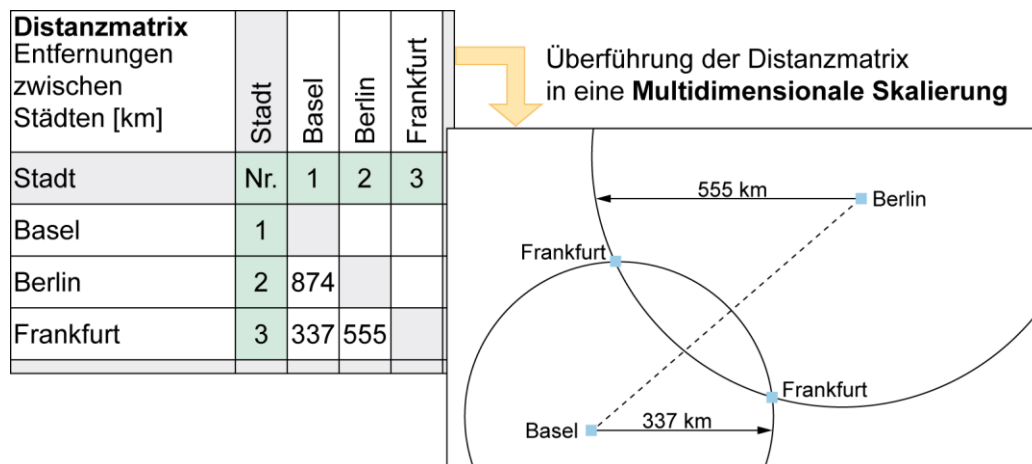


Bild 3-7: Prinzip bei der Erstellung einer MDS in Anlehnung an AMSHOFF [Ams16, S. 65]

Interpretation der Ergebnisse: Der Anwender muss neben der Metrik auch die Anzahl der Dimensionen festlegen. Aus logischen Erwägungen werden i.d.R. zwei oder drei Dimensionen ausgewählt. So lassen sich die Ergebnisse visuell schnell erfassen und auswerten. [BEP+16, S. 616]. Die einzelnen Dimensionen haben keine inhaltliche Bedeutung, diese kann ihnen aber zugeordnet werden. Die Zuweisung kann u.a. intuitiv oder durch Anpassung der Eigenschaftsvektoren erfolgen.

Beurteilung: Die Multidimensionale Skalierung ist ein Ansatz zur Darstellung von Ähnlichkeiten von Objekten. Sie erleichtert die Identifikation nah beieinander liegender Objekte. Das Verfahren hat insbesondere in der Markt- und Wettbewerbsanalyse eine große Relevanz. Es ermöglicht zusammen mit einer Clusteranalyse die Identifikation von Abhängigkeiten zwischen Wertschöpfungsprozessen. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die transparente und nachvollziehbare Identifikation der Reichweite von Veränderungen in einzelnen Prozessen.

3.2.2 Analyse des systemischen Verhaltens nach GAUSEMEIER UND PLASS

Das Verfahren zur Analyse des systemischen Verhaltens ist ein Ansatz zur Untersuchung der Auswirkungen einzelner Faktoren auf einen betrachteten Gegenstand. Es lassen sich Aussagen über die Stärke des jeweiligen Einflusses sowie über dessen Verhalten treffen. Im Ursprung ist der hier vorgestellte Ansatz Teil der Szenario-Technik. Diese hat die systematische Entwicklung möglicher Zukunftsszenarien zum Ziel und liefert Erkenntnisse über die Entwicklung von Märkten, Geschäftsumfeldern oder Technologien der Zukunft [GP14, S. 44ff.]. Die Ergebnisse der Analyse des systemischen Verhaltens wird in der Szenario-Technik genutzt, um Aussagen über das Verhalten von Einflussfaktoren sowie über das Maß ihrer Auswirkung zu treffen [GP14, S.53]. Das gezeigte Vorgehen entspricht der Szenariofeld-Analyse und wird in die Phasen Einfluss- und Relevanzanalyse aufgeteilt (siehe Bild 3-8).

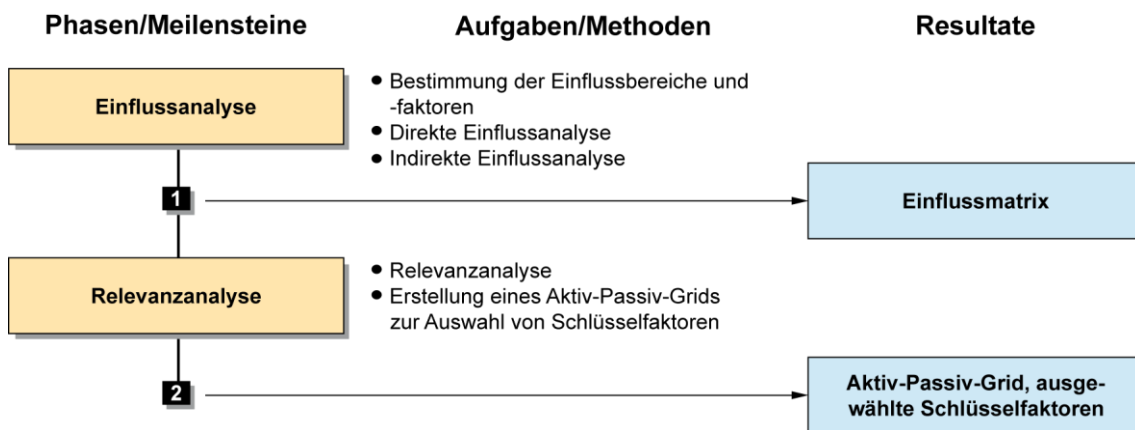


Bild 3-8: Vorgehensmodell zur Analyse des systemischen Verhaltens in Anlehnung an GAUSEMEIER UND PLASS [GP14, S. 48].

Einflussanalyse: Ziel der Einflussanalyse ist die Bestimmung des direkten und indirekten Einflusses einzelner Paare von Einflussfaktoren. In einem ersten Schritt sind diese Einflussfaktoren zu identifizieren. Sie entstammen sogenannten Einflussbereichen, welche vorher zu bestimmen sind. Beispielsweise ist der Einflussfaktor *Technologieakzeptanz* dem Bereich *Technologie* zuzuordnen. Die verschiedenen Einflussfaktoren werden anschließend in einer Matrix gegenübergestellt. Spalten und Zeilen enthalten dabei jeweils sämtliche Einflussfaktoren. Die Bewertung erfolgt immer paarweise: Je Einflussfaktoren-Paar wird bewertet, wie stark sich der eine Einflussfaktor durch die direkte Einwirkung des anderen verändert – und umgekehrt. Eine vierstufige Skala unterstützt den Bewertungsprozess. Diese reicht von 0 = kein Einfluss bis zu 3 = starker Einfluss. Aus der ausgefüllten Matrix lassen sich charakteristische Kennwerte ableiten. Die **Aktivsumme** (Zeilensumme aller Bewertungen eines Einflussfaktors) zeigt die Stärke an, mit der der jeweilige Einflussfaktor auf alle anderen einwirkt. Die **Passivsumme** (Spaltensumme aller Bewertungen eines Einflussfaktors) ist ein Maß dafür, wie stark der entsprechende Faktor durch andere Faktoren beeinflusst wird. Die Faktoren beeinflussen sich

über verschiedene Ebenen. Diese Beeinflussungen werden mithilfe der indirekten Einflussanalyse identifiziert. Dabei ist der Einfluss über verschiedene Ebenen auf Grund von Dämpfungsfaktoren immer geringer. Aufgrund der Komplexität der indirekten Einflussanalyse erfolgt die Berechnung rechnerunterstützt [GP14, S.51ff.].

Relevanzanalyse: Die Relevanzanalyse unterstützt die Bestimmung der Stärke der Einflussfaktoren auf den Untersuchungsgegenstand. Kern ist ein paarweiser Vergleich der einzelnen Einflussfaktoren in einer Relevanzmatrix. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob der Einflussfaktor in der Zeile wichtiger ist als der Einflussfaktor in der Spalte. Es wird für jedes Einflussfaktorenpaar eine binäre Bewertung durchgeführt, so dass nur eine Hälfte der Matrix ausgefüllt werden muss. Das Ergebnis der Relevanzanalyse ist die sogenannte Relevanzsumme (Zeilensumme) und bestimmt die Wichtigkeit des Einflussfaktors für das zugehörige Gestaltungsfeld [GP14, S. 53ff.].

Die Ergebnisse der Einfluss- und Relevanzanalyse werden abschließend in ein Aktiv-Passiv-Grid übertragen. Die beiden Achsen entsprechen der Aktiv- bzw. der Passivsumme. Der Durchmesser der Kugeln, welche die Einflussfaktoren darstellen, spiegelt die Relevanzsumme wider. Die Darstellung des Grids veranschaulicht das systemische Verhalten. Faktoren, die oben rechts liegen, sind bspw. hochgradig vernetzt [GP14, S.53ff.].

Bewertung: Die Analyse des systemischen Vorgehens stellt einen Ansatz zur Bestimmung der Auswirkungen einzelner Faktoren aufeinander dar. Im Zentrum des Verfahrens stehen die Einfluss- und Relevanzanalyse. Die Methode eignet sich zur Analyse der Vernetzung einzelner Faktoren. In Bezug zur Zielsetzung dieser Arbeit kann das Verfahren einen Beitrag zur Bestimmung der Auswirkung durch Veränderungen einzelner Wertschöpfungsprozesse liefern. Die indirekte Einflussanalyse unterstützt bei der Bestimmung nicht direkt ersichtlicher Veränderungen.

3.2.3 Assoziationsanalyse

Die Assoziationsanalyse ist ein Data-Mining Verfahren zur Analyse großer Datenmengen. Ziel der Analyse ist das Auffinden von Zusammenhängen und Abhängigkeiten. Ergebnis der Assoziationsanalyse sind Assoziationsregeln. Diese beschreiben die Korrelationen zwischen gemeinsam auftretenden Dingen. Ein bekanntes Beispiel ist die Warenkorbanalyse. Hierbei werden die Warenkörbe von Kunden analysiert, um Informationen über deren Kaufverhalten zu erlangen. So können Artikel identifiziert werden, welche oft zusammen gekauft werden [Bol96, S. 257]. Ausgangspunkt der Analyse ist eine definierte Datenmenge von Transaktionen. Jede Transaktion besteht dabei aus unterschiedlichen Items und können beispielsweise die Artikel in einem Warenkorb darstellen. Das Vorgehen wird im folgenden anhand eines Beispiels erläutert. Input ist die in Tabelle 3-1 dargestellte Datenmenge. Sie zeigt verschiedene Transaktionen mit den jeweiligen Items.

Tabelle 3-1: Datenmenge von Einkaufstransaktionen [Bol96, S. 258]

Einkaufstransaktion	Gekaufte Artikel
T1	Spülmaschine, Spülmittel, Klarspüler
T2	Spülmaschine, Spülmittel, Spülsalz
T3	Spülmaschine, Abwasserschlauch
T4	Spülmittel, Klarspüler, Spülmaschine
T5	Spülmaschine, Spülmittel, Klarspüler, Spülsalz
T6	Abwasserschlauch

Die betrachtete Datenmenge soll nun analysiert und Assoziationsregeln gefunden werden. Eine Assoziationsregel kann folgendermaßen formuliert sein:

„wenn *Item(menge) X*, dann *Item(menge) Y*“; $(X \rightarrow Y)$ [BV08, S.261]

Diese Regel würde erfüllt, wenn die Items (X und Y) in einer Transaktion vorkommen. Da in der Regel mehr als ein Artikel gekauft wird, würde diese Regel in fast allen Transaktionen gebildet werden können. Um dies zu verhindern, werden bestimmte Kennzahlen definiert. Der **Support** ist definiert als der Anteil der Transaktionen, die diese Regel erfüllen. Regeln mit einem hohen Support sind also relevanter als solche mit einem niedrigen. Eine weitere Kennzahl ist die **Konfidenz** einer Regel. Diese gibt die Stärke einer Regel an. Regeln mit einer hohen Konfidenz deuten darauf hin, dass diese Regel eine hohe Gültigkeit hat, bspw. wenn der Kauf des Items X häufig zum Kauf der Items Y führt [Bol96, S. 258]. Die Grenzwerte für die Konfidenz und den Support müssen vom Anwender vorgegeben werden. Anschließend werden sämtliche Assoziationsregeln identifiziert, die diese Bedingungen erfüllen. Für das in Tabelle 3-1 gezeigte Beispiel wird ein Support von mindestens 50% gefordert. Dies bedeutet, dass in mindestens der Hälfte aller Transaktionen die Assoziationsregel auftauchen muss. Als Ergebnis erhält man die in Tabelle 3-2 gezeigten Assoziationsregeln.

Tabelle 3-2: Assoziationsregeln mit minimalem Support von 50% [Bol96, S. 258]

Assoziationsregel	Erfüllende Transaktion	Support	Konfidenz
Spülmaschine \rightarrow Spülmittel	T1, T2, T4, T5	66%	80%
Spülmittel \rightarrow Spülmaschine	T1, T2, T4, T5	66%	100%
Spülmittel \rightarrow Klarspüler	T1, T4, T5	50%	75%
Klarspüler \rightarrow Spülmittel	T1, T4, T5	50%	100%

Beurteilung: Die Assoziationsanalyse ist ein Verfahren zur Identifikation von Korrelationen aus dem Bereich des Data-Mining. Es stehen einfache Regeln zur Verfügung, die die rechnergestützte Suche nach Zusammenhängen erleichtern. Das Verfahren unterstützt bei der Identifikation und Erfassung gleichzeitig auftretender Veränderungen, wie sie bei der Adaption der Wertschöpfung auftreten. Jedoch ist der Aufwand relativ hoch im Vergleich zur geringen zu untersuchenden Datenmenge. Die Kennzahlen unterstützen bei der Identifikation signifikanter Veränderungen, um weniger gravierende Auswirkungen von vornherein ausschließen zu können.

3.2.4 Strukturelles Komplexitätsmanagement

Das strukturelle Komplexitätsmanagement nach LINDEMANN ET AL. ist ein Ansatz zur systematischen Analyse und Optimierung vernetzter Systeme aus dem Bereich der Produktentwicklung [Mau07, S. 1]. Der Ansatz kombiniert die Möglichkeiten der Design-Structure-Matrix (DSM) mit denen der Domain-Mapping-Matrix (DMM). Die Design-Structure-Matrix geht auf Arbeiten von STEWARD, BROWNING sowie PIMMLER und EPINGER zurück (siehe [Ste81], [Bro01], [PE97]) und dient der Darstellung von Zusammenhängen und Abhängigkeiten komplexer technischer Systeme. [LMB09, S.49ff.], [Fri13, S. VII]. Eine große Verbreitung findet die DSM u.a. in der Modularisierung technischer Systeme. Im Gegensatz zur DSM werden die Zeilen und Spalten in der Domain-Mapping-Matrix mit unterschiedlichen Elementen befüllt, bspw. wird die Produktstruktur einer Organisationsstruktur gegenübergestellt. Die Kombination beider ergeben die für die Methode relevanten Multi-Domain-Matrizen. Die Vorgehensweise bei dem von LINDEMANN vorgestellten Ansatz lässt sich in fünf Phasen unterteilen (siehe Bild 3-9). Diese werden im Folgenden erläutert [VLR14, S. 17f.]:

Systemdefinition: Der erste Schritt ist die Definition des Systeminhalts und der Aufbau der Multi-Domain-Matrix. Dazu werden relevante Domänen zur Systembeschreibung bestimmt, welche die Basis der MDM darstellen. Des Weiteren werden Systemelemente und deren Detaillierungslevel festgelegt und die Art der Abhängigkeiten zwischen den Systemelementen definiert [Mau07, S. 71].

Informationsakquisition: In dieser Phase werden die direkten Abhängigkeiten zwischen den Systemelementen und somit Informationen über die Systemstruktur erfasst. Neben explizitem Wissen, z.B. aus Datenbanken, wird insbesondere auch implizites Wissen durch Experteninterviews erfasst, strukturiert und für die Systemanalyse zur Verfügung gestellt. Um die Qualität der Informationen sicherzustellen, werden in regelmäßigen Abständen Plausibilitätsanalysen durchgeführt. Die Abhängigkeiten werden in der übergeordneten Multiple-Domain-Matrix erfasst [Mau07, S. 94ff.].

Ableitung von Abhängigkeiten: Ziel der Phase ist die Ableitung indirekter Abhängigkeiten, die sich auf Grundlage der direkten Abhängigkeiten ergeben. Zur rechnergestützten Identifikation stehen verschiedene Anwendungsfälle mit zugehörigen Berechnungsvorschriften zur Verfügung. Die Analysen werden in einer Multiple-Domain-Matrix berechnet, die aus mindestens zwei unterschiedlichen Domänen besteht [VLR14, S. 17].

Strukturanalyse: Zur Identifikation der Systemcharakteristika werden in dieser Phase die direkten und indirekten Abhängigkeiten analysiert. Grundlage der rechnergestützten Analyse sind verschiedene Analyse Kriterien, wie bspw. die Aktivsumme oder der Vernetzungsgrad des sich ergebenden Netzwerks aus Abhängigkeiten [VLR14, S. 18].

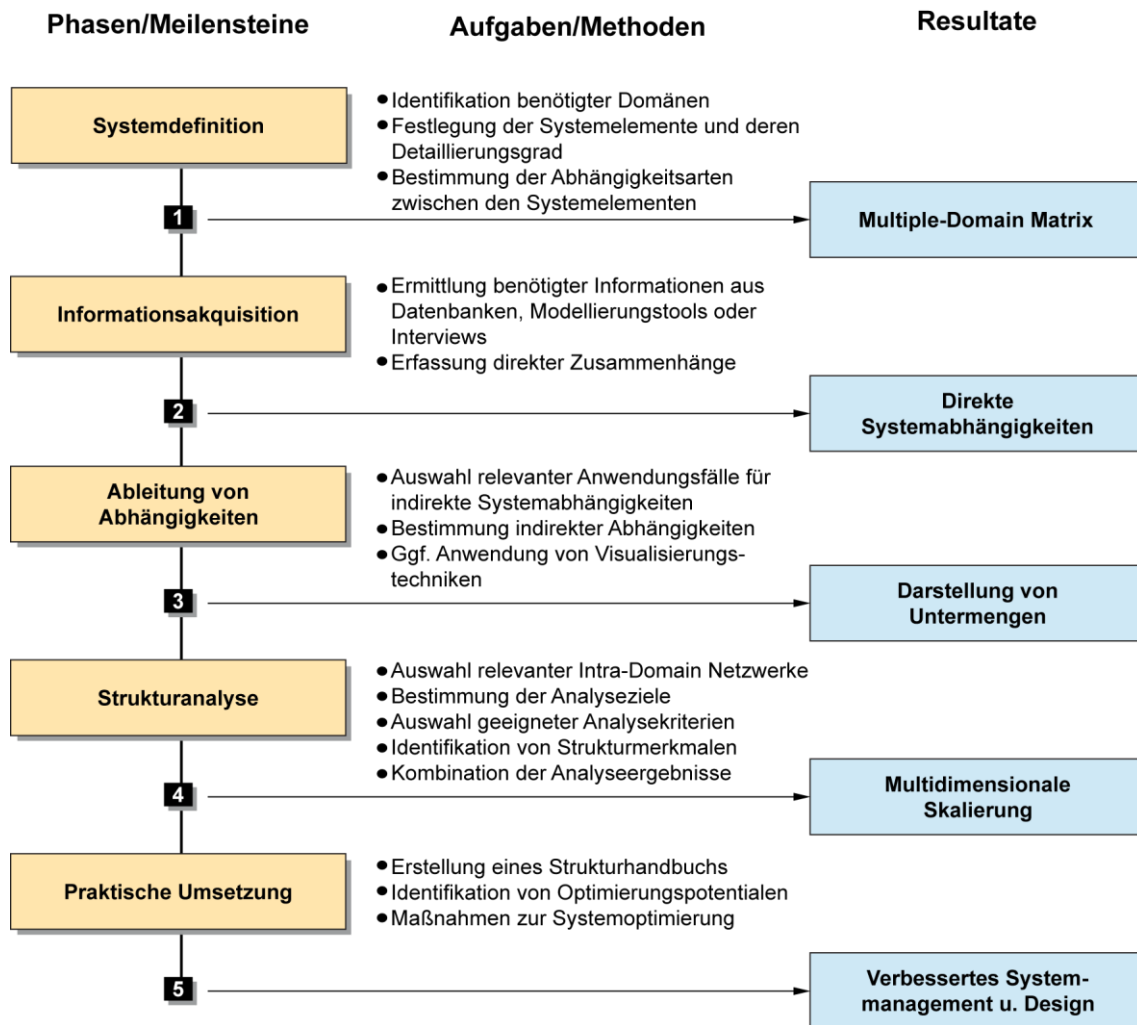


Bild 3-9: Vorgehensmodell zum strukturellen Komplexitätsmanagement in Anlehnung an MAURER [Mau07, S. 69ff.]

Praktische Umsetzung: Die praktische Umsetzung beruht auf der Nutzung der erarbeiteten Ergebnisse mit dem Ziel der Verbesserung des Ausgangszustandes. Dazu wird ein Strukturhandbuch erstellt, welches Grundlage der Ergebniskommunikation ist. Anhand identifizierter Optimierungspotentiale können konkrete Maßnahmen ab- und eingeleitet werden [Mau07, S. 135ff.].

Bewertung: Das strukturelle Komplexitätsmanagement nach LINDEMANN ET AL. stellt einen Ansatz zur strukturierten Analyse von direkten und indirekten Abhängigkeiten dar. Im Zentrum des Ansatzes stehen Multi-Domain-Matrizen. Neben der Produktentwicklung wurde es bereits auf verschiedene Fragestellungen übertragen und scheint daher flexibel einsetzbar zu sein. Im Kontext der Arbeit kann es geeignet sein, die Auswirkungen von Veränderungen im Wertschöpfungssystem durch die hybride Wertschöpfung zu identifizieren.

3.2.5 Auswirkungsanalyse nach AHSEN

Die Auswirkungsanalyse nach AHSEN ist Teil eines Phasenmodells für den Innovationsprozess [Ahs13, S. 39]. Dieser unterteilt sich in sechs verschiedene Phasen und deckt den Bereich von der Chancenerkennung bis zur Markteinführung ab. Die Auswirkungsanalyse wird als unterstützendes Instrumentarium den Phasen drei bis sechs zugeordnet und soll den Innovationsprozess unterstützen. Zu den betrachteten Phasen gehören die Konzepterstellung (Phase 3), die Entwicklung (Phase 4), der Test (Phase 5), die Einführungs-vorbereitung (Phase 6) und die Markteinführung, welche keiner gesonderten Phase zugeordnet ist. Ziel der Auswirkungsanalyse ist die Identifikation und Erfassung der Auswirkungen von Innovationsprozessen auf bestehende Prozesse und Produkte [Ahs13, S.47].

Die von AHSEN vorgestellte Analyse orientiert sich an der Wertkette nach PORTER (siehe Abschnitt 2.4.1). Wie bereits erläutert, unterteilt Porter die wertschöpfenden Prozesse in primäre Aktivitäten, die sich mit der physischen Erstellung des Produktes befassen, und unterstützende Aktivitäten, zu der u.a. die Beschaffung und die Technologieentwicklung zählen. AHSEN schlägt vor, jeden einzelnen dieser Prozesse systematisch zu analysieren und darauf zu prüfen, ob der jeweilige Bereich oder Prozess von dem Innovationsprojekt betroffen ist. Die identifizierten Auswirkungen sollen verbal beschrieben und alle Vor- und Nachteile dokumentiert werden. Die systematische Analyse anhand eines vorgegebenen Schemas vermindert das Risiko, elementare Auswirkungen zu übersehen (siehe Bild 3-10) [Ahs13, S. 69ff.].

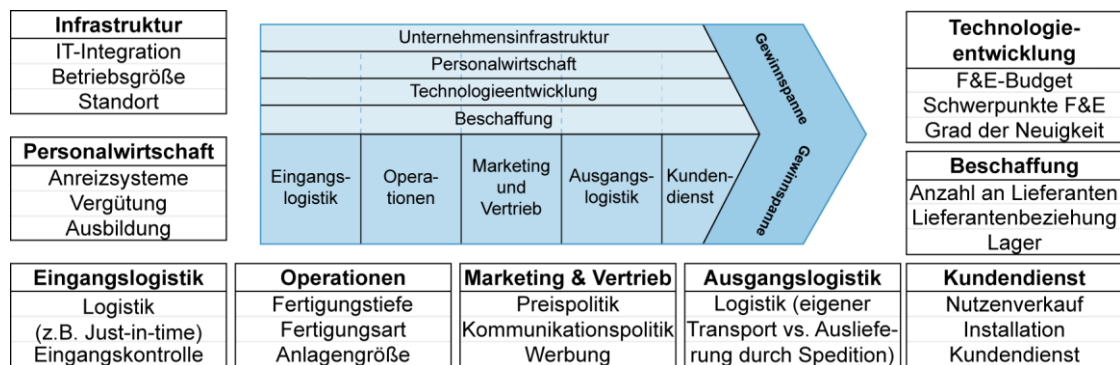


Bild 3-10: Analyseschema für die Auswirkungsanalyse nach AHSEN. [Ahs13, S. 70]

Beurteilung: Die Auswirkungsanalyse nach AHSEN liefert einen sehr einfachen Ansatz zur Analyse der Auswirkungen auf Prozesse und Produkte. Es wird kein strukturiertes Vorgehen oder weitere Hilfsmittel zur Analyse präsentiert. Das Dokumentationsschema erleichtert jedoch die Zuordnung der Auswirkungen auf die verschiedenen primären und unterstützenden Aktivitäten. Die Auswirkungsanalyse scheint insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen geeignet, welche nur sehr begrenzte Ressourcen zu Analyse der Auswirkungen zur Verfügung haben.

3.3 Gestaltung der Wertschöpfung

Die Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfung betrifft verschiedene Dimensionen eines Unternehmens und kann als Transformationsprozess verstanden werden. Einen ähnlichen Schwerpunkt verfolgen Ansätze aus dem Business Engineering. Stellvertretend werden im Rahmen dieser Arbeit der *Business Engineering Navigator* und die Ansätze nach KISKI sowie von KOUSHIK und STRAETEN vorgestellt. Des Weiteren werden Ansätze betrachtet, die sich mit der Transformation bestehender Wertschöpfung befassen. Dazu gehören die Ergebnisse der Verbundprojekte *FlexNet* und *Serv.Biz* sowie die *Gestaltung der Wertschöpfung* nach RITSCH. Es werden weiterhin unterschiedliche Ansätze vorgestellt, die sich in den Bereich der digitalen Transformation einordnen. Dazu gehören die *Roadmap für die digitale Transformation* nach SCHALLMO, die *Analyse und Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken* nach BACH sowie ein Vorgehen zur *Entwicklung von Industrie 4.0 Einführungsstrategien* nach MERZ und SIEPMANN. Ergänzt werden diese Ansätze um einen *Leitfaden Industrie 4.0* nach ANDERL sowie einer *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung* von Cyber-Physical Systems nach WESTERMANN. Zukünftige Wertschöpfung unterscheidet sich in vielen Bereichen gegenüber der traditionellen Wertschöpfung und erfordert deren Anpassung. Daher werden abschließend Ansätze zur Beschreibung der Struktur von Unternehmen untersucht. Dies sind die *Technologische Infrastruktur* nach PORTER und HEPPELMAN sowie die *Funktionale Struktur produzierender Unternehmen* nach GAUSEMEIER ET AL.

3.3.1 Business Engineering Navigator (BEN) nach WINTER

Der *Business Engineering Navigator* (BEN) stellt einen Ansatz aus dem Business Engineering zur Dokumentation, Analyse und Gestaltung von Geschäftslösungen dar. Dieser umfasst neben der fachlichen Lösungsbeschreibung auch die Spezifikation der Prozesse sowie der IT-Systeme. Business Engineering wird als betriebswirtschaftliche Konstruktionslehre für Veränderungsvorhaben bezeichnet und vereint Methoden aus der Betriebswirtschaftslehre, dem Change Management, dem Systems Engineering sowie dem Innovationsmanagement [Win11, S.3]. Die zentralen Gestaltungsebenen sind die Strategieebene, die Organisationsebene, die IT-Ebene und die politisch-kulturelle Ebene. Während auf der **Strategieebene** insbesondere die betrachtete Einheit (bspw. ein Unternehmen), dessen Position im Wettbewerb und in der Wertschöpfungskette analysiert werden, stehen auf der **Organisationsebene** einzelne Prozesse, Aktivitäten oder Beziehungen für die betrachtete Einheit im Fokus. Die **IT-Ebene** analysiert IT-Funktionalitäten und Datenstrukturen der betrachteten Einheit, während die politisch-kulturelle Ebene insbesondere die Organisationskultur, die Führung oder das Verhalten untersucht. Der BEN umfasst fünf verschiedene Aspekte, die über alle Ebenen hinweg betrachtet werden. Dazu gehören die Analyse der Veränderung, die Dokumentation des aktuellen Zustandes, die Analyse der Strukturen und Zusammenhänge, die Abbildung der Zielstruktur sowie die Umsetzung [Win11, S. 22f.]. Die Anwendung des BEN wird durch verschiedene Komponenten

beschrieben (siehe Bild 3-11). Diese lassen sich den drei erstgenannten Ebenen, sowie einer weiteren Hilfsebene zuweisen: **Der IT/Business Alignment Ebene.**

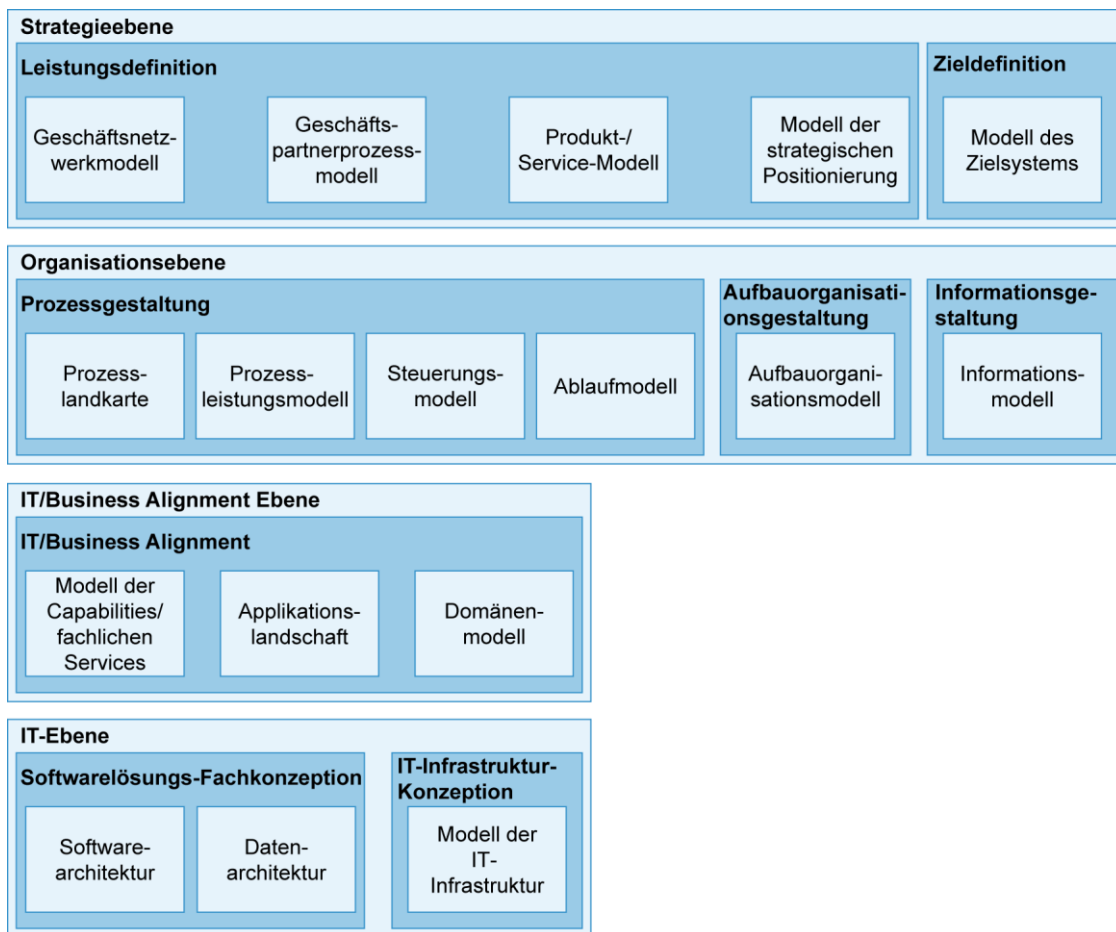


Bild 3-11: Komponenten des BEN nach Winter [Win11, S. 89]

Der BEN unterscheidet verschiedene Vorgehensarten bei der Durchführung von Veränderungen. Dafür werden den einzelnen Projekttypen verschiedene Komponenten zugeordnet, jedoch müssen nicht immer alle Komponenten durchlaufen werden. Ausschlaggebend ist die Ebene, von der die Veränderung angestoßen wird. Dabei wird zwischen vier Projekttypen unterschieden [Win11] S. 71f.]. Bei **fachlich getriebenen Innovationen** ist der Ausgangspunkt eine Veränderung in der Geschäftslösung. Diese hat verschiedene Auswirkungen auf bestehende Strukturen und ist als top-down Ansatz zu verstehen. In der Regel werden sämtliche Komponenten der Strategie-, Organisations- und IT/Business Alignment-Ebene durchlaufen [Win11, S.93]. **Technisch getriebene Innovationen** werden durch die Einführung neuer IT-Systeme ausgelöst. Sie ermöglichen ggf. eine vollkommen neue strategische Positionierung. Bei der **gegenseitigen Abstimmung** stehen gegenseitige Anpassungen von Strukturen im Vordergrund, die auf verschiedenen Ebenen angepasst werden müssen. Die Grundlage bei der **Schaffung von Potentialen** sind Veränderungen, die sich durch Restrukturierungen auf verschiedenen Ebenen ergeben.

Für die Arbeit ist die *fachlich getriebene Innovation* von besonderem Interesse. Diese geht von einer Veränderung der Geschäftslösung aus, was einer Änderung des Geschäftsmodells entspricht. Die Maßnahmen erfolgen anhand verschiedener Vorgehensmodelle, die den unterschiedlichen Ebenen zuzuordnen sind. Auf der strategischen Ebene wird insbesondere ein Zielbild erstellt, welches anschließend auf der operativen Ebene umgesetzt werden soll. Das Vorgehen auf der operativen Ebene ist daher von besonderer Bedeutung im Kontext der Arbeit. Es untergliedert sich in vier Phasen und ist in Bild 3-12 dargestellt. Es folgt dem Prinzip, dass die Ablauforganisation andere Aspekte wie die Aufbauorganisation dominiert. Daher wird zunächst erstere gestaltet, bevor anschließend weitere Aspekte abgeleitet werden können [Win11, S. 77].

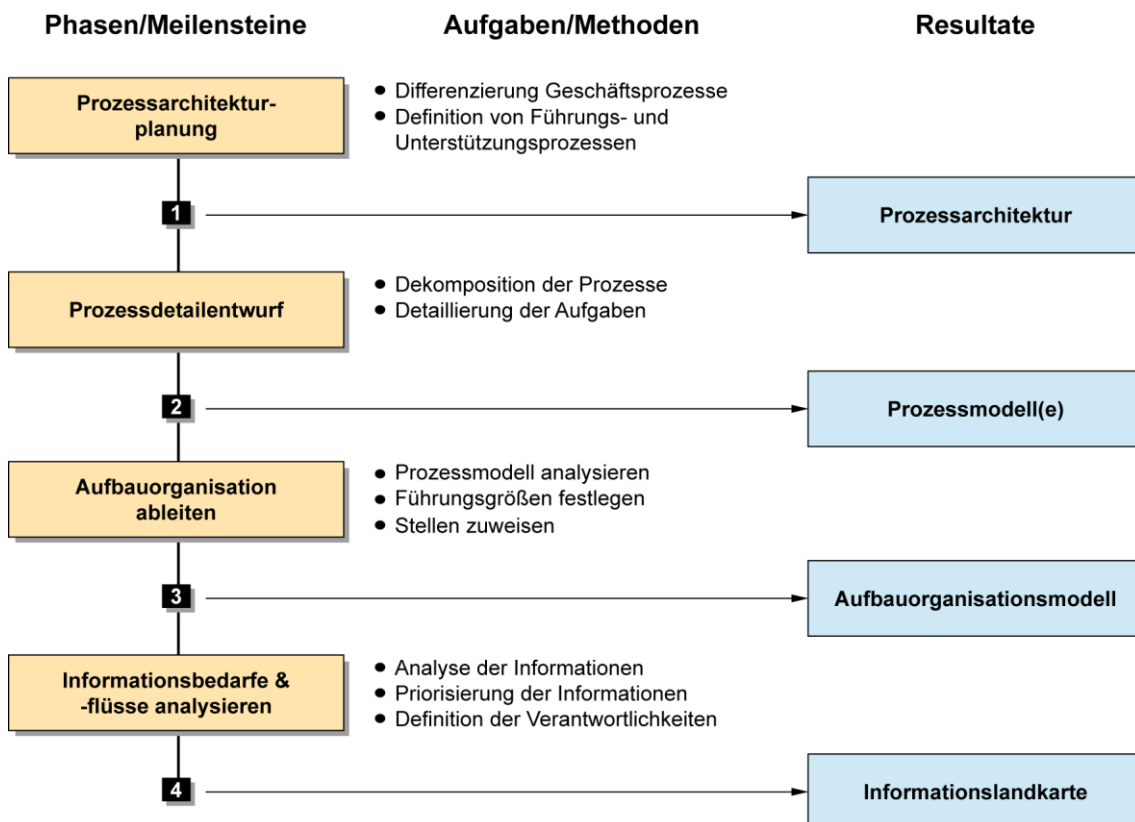


Bild 3-12: Vorgehensmodell des BEN auf Organisationsebene in Anlehnung an [Win11, S. 76]

Prozessarchitekturplanung: Aufbauend auf den Ergebnissen aus der Strategieebene wird in dieser Phase festgelegt, welche Prozesse differenziert werden müssen und welches die wichtigen Unterstützungs- und Führungsprozesse sind. Das Ergebnis ist die Prozessarchitektur [Win11, S. 77].

Prozess-Detailentwurf: In dieser Phase werden die einzelnen Prozesse immer weiter zerteilt und abschließend in Aufgaben zerlegt. Diese Aufgaben werden anschließend im Detail festgelegt. Ziel dieser Phase sind Prozessmodelle und damit die Ablauforganisation [Win11, S. 77].

Aufbauorganisation ableiten: Wenn die Ablauforganisation festgelegt wurde, ist bekannt, welche Leistungen durch welche Prozesse entstehen. Es ist auch entschieden, durch welche Führungsgrößen diese gesteuert werden. Hieraus wird nun die Aufbauorganisation abgeleitet [Win11, S. 77].

Informationsbedarfe analysieren: Abschließend wird analysiert und festgelegt, welche Informationen wichtig sind, wo diese Informationen entstehen und wer für die Qualität der Informationen zuständig ist. Des Weiteren müssen Zugriffsrechte definiert werden [Win11, S. 77].

Beurteilung: WINTER liefert mit dem Business Engineering Navigator einen umfangreichen Ansatz zur Analyse, Dokumentation und Gestaltung von Geschäftslösungen. Der Fokus des BEN liegt insbesondere auf IT-Systemen. Für die einzelnen Vorgehensmodelle werden unterschiedliche Hilfsmittel bereitgestellt, um die erarbeiteten Zielzustände zu modellieren und zu dokumentieren. Die Modellierung findet anhand der weit verbreiteten Modellierungssprache UML statt. Der Einarbeitungsaufwand ist jedoch sehr hoch und die Anzahl der Modelle und unterschiedlichen Zielzustände macht das Vorgehen schnell unübersichtlich. Die Einführung verschiedener Ebenen und das systematische Vorgehen unterstützt jedoch die Gestaltung der Wertschöpfung. Die Auswirkungen von Veränderungen werden im BEN nicht systematisch erfasst. Die Wiederverwendung von konkretem, etabliertem Wissen steht ebenfalls nicht im Fokus des BEN.

3.3.2 Transformation von Unternehmen in die digitale vernetzte Welt nach KISKI

KISKI propagiert einen *ingenieurmäßigen* Ansatz zur Transformation von Unternehmen in die digital vernetzte Welt. Er beschreibt die Transformation von Unternehmen als einen dynamischen Veränderungsprozess. Kern seines Ansatzes ist ein Vorgehensmodell. Dieses unterstützt bestehende Unternehmen und Geschäftseinheiten bei der analytischen und systematischen Realisierung des Transformationsprozesses auf Ebene der strategischen Unternehmensführung. Durch die Kombination bekannter und modifizierter Managementtechniken zur Analyse von Unternehmens- bzw. Umweltstrukturen versucht KISKI, eine Allgemeingültigkeit des Ansatzes zu erreichen [Kis03, S.3].

Das Vorgehen zur Transformation von Unternehmen in die digitale vernetzte Welt unterteilt sich insgesamt in sieben Phasen (siehe Bild 3-13). Es greift zum Teil bestehende Ansätze anderer Autoren auf.

Unternehmensvision dokumentieren: Aufgabe der ersten Phase ist die Formulierung und Ausarbeitung eines Unternehmensleitbildes oder auch einer Unternehmensvision. Diesen soll grundsätzliche Aussagen zur Ausrichtung des Unternehmens enthalten und einem positiven Bild des zukünftigen Unternehmenszustandes entsprechen. Die Aussagen zur Unternehmensvision sollen von qualitativer Natur sein und einen Umfang von zehn bis fünfzehn Kernpunkten nicht überschreiten [Kis03, S. 103ff.].

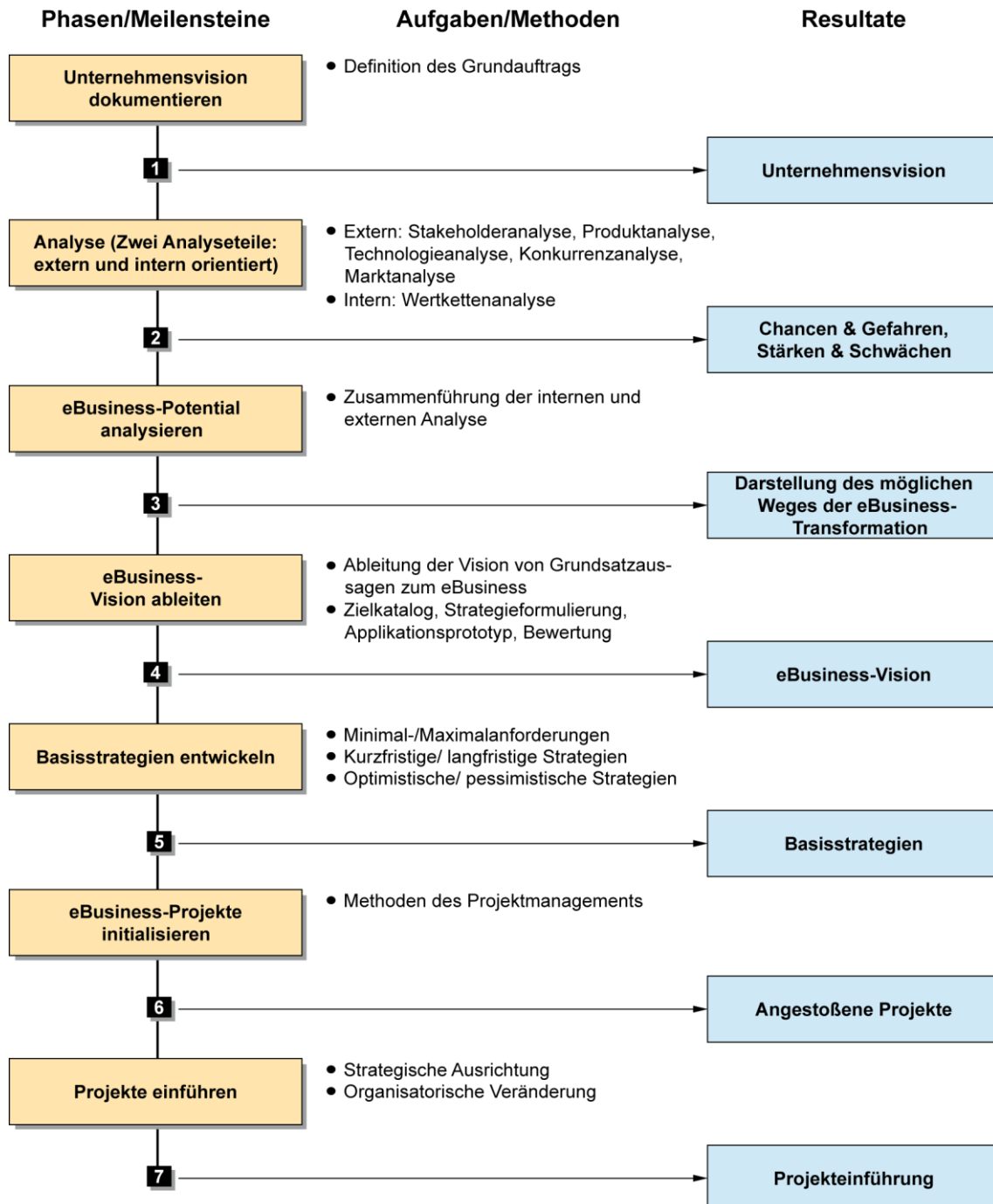


Bild 3-13: Vorgehensmodell zur Transformation von Unternehmen in die digitale vernetzte Welt in Anlehnung an KISKI [Kis03, S. 98]

Analyse: Ziel der Analyse-Phase ist die Identifikation von Stärken und Schwächen. Dazu werden das externe Unternehmensumfeld sowie die Unternehmenskompetenzen analysiert. Dazu schlägt KISKI etablierte Verfahren wie die Stakeholderanalyse, die Marktanalyse oder die Wertkettenanalyse nach PORTER vor. Die Ergebnisse der externen Analyse werden den Zeitdimensionen *heute*, *morgen* und *übermorgen* zugewiesen. Dies stellt eine

erste Priorisierung dar. Die interne Analyse erfolgt nur die aktuelle Situation. Die Ergebnisse dienen als Datengrundlage für die folgenden Phasen [Kis03, S.107].

eBusiness Potentialanalyse ableiten: Gegenstand dieser Phase ist die Ableitung des e-Business Potentials des Unternehmens. Dazu werden die Ergebnisse der externen und internen Analysephase zusammengeführt. Die Wertkettendarstellung wird dabei um die Zeitdimensionen *morgen* und *übermorgen* erweitert. Jeder Aktivität in der Wertkette werden entsprechende Weiterentwicklungen (bspw. aus der Technologieanalyse in Phase 2) zugeordnet, um so eine eBusiness Vision ableiten zu können [Kis03, S.114].

eBusiness-Vision erstellen: In dieser Phase wird eine spezielle eBusiness-Vision erstellt. Diese basiert auf den vorangegangenen Phasen und repräsentiert ein beschreibendes, positives Bild des zukünftigen Unternehmenszustandes. Im Vergleich zur Phase 1 ist diese Vision speziell auf das eBusiness ausgerichtet. Die eBusiness-Vision ist gleichzeitig die Beschreibung des Endpunktes des Transformationsprozesses [Kis03, S.114].

Basisstrategie entwickeln: Ziel dieser Phase ist die Formulierung einer Basisstrategie zur Migration des Unternehmens hin zum eBusiness. Grundlage dafür ist die in Phase 4 formulierte Vision. Bei dieser Phase verweist KISKI auf die grundsätzlichen Aussagen verschiedener anderer Autoren zum Thema Strategieentwicklung. Die wesentlichen Schritte sind die Formulierung eines Zielkataloges, die Entwicklung von Strategiealternativen, die Durchführung einer Machbarkeitsstudie sowie die Bewertung und Auswahl der Strategie. Das Ergebnis dieser Phase ist ein Dokument mit eBusiness-Strategiealternativen sowie deren Bewertung und Auswahlempfehlung z. B. in Form einer TOWS-Matrix [Kis03, S. 115ff.].

eBusiness-Projekte initialisieren: Aufgabe dieser Phase ist die Umsetzung der zuvor formulierten Strategie. KISKI schlägt hier, mit dem Verweis auf andere Autoren, folgende Schritte vor: Projektformulierung, Projektplanung, Projektdurchführung und die Projektkontrolle [Kis03, S. 122].

Projekte einführen: Ziel dieser Phase ist die Einführung und Implementierung von Applikationen auf technischer, organisatorischer und personeller Ebene. Der Ansatz gibt in dieser Phase kaum formale Unterstützung sondern fordert lediglich eine Analyse des Ist-Zustandes sowie die Betreuung des Betriebspersonals und eine Softwareeinführung.

Beurteilung: KISKI präsentiert einen Ansatz zur Transformation von Unternehmen in die digital vernetzte Welt. Kern des Ansatzes ist ein Vorgehensmodell welches in großen Teilen auf bewährten Managementmethoden basiert. Elementarer Bestandteil ist die Formulierung von Visionen und Zukunftsbildern. Diese beruhen im Wesentlichen auf der zukünftigen Entwicklung interner Prozesse. Eine Unterstützung zur Transformation der Prozesse wird nicht präsentiert. Ebenso wenig stellt KISKI eine Unterstützung bei der Analyse der Auswirkungen im Zuge der Gestaltung hybrider Wertschöpfung zur Verfügung.

3.3.3 Strategische Roadmap nach KOUSHIK und STRAETEN

Die *Strategische Roadmap* nach KOUSHIK und STRAETEN ist ein ganzheitlicher Ansatz von der Konzeption, über die Planung bis zur Umsetzung von eBusiness Geschäftsideen. Ein wichtiges Ziel des Ansatzes ist die gesteigerte Produktivität aller Komponenten der Wertschöpfung auf Basis einer Vernetzung über das Internet [KS02, S. 93 ff.]. Die zu entwickelnde Strategie zur Einführung soll klar formuliert sein, jedoch flexibel genug, um sich der Entwicklung der Märkte weiter anzupassen. Das Vorgehen ist als generisch anzusehen, so dass es auf die jeweiligen Anforderungen des individuellen Unternehmens angepasst werden muss. Es gliedert sich in fünf Phasen und reicht von der Formulierung einer Strategie bis zur Architektur [KS02, S. 95] (siehe Bild 3-14).

Formulierung einer Unternehmensstrategie: Gegenstand der ersten Phase ist die Formulierung einer Strategie. Diese legt fest, wie neue Technologien im Unternehmen einzusetzen sind. Zusätzlich werden in der Phase wirtschaftliche und strategische Ziele formuliert. Die Autoren betonen, dass die Betrachtung des externen Unternehmensumfeldes, die Definition von Zielmärkten sowie potentielle Kundensegmente elementar für die Formulierung der Strategie sind [KS02, S.97].

Identifizierung eines Anwenderportfolios: Ziel der Phase ist die Identifikation von möglichen Anwendungsfeldern. Bestandteil davon ist die Identifizierung und Bewertung möglicher neuer und realisierbarer Lösungen, welche im Konsens zur Strategie stehen. Ergebnis der Phase ist eine Leistungsbilanz, die einzelne Anwendungen, deren Priorität und die technologischen Ziele des Unternehmens abbildet [KS02, S. 98].

Definition der eBusiness-Architektur: In der dritten Phase wird eine eBusiness Architektur abgeleitet. Diese soll die ermittelten Anwendungen unterstützen. Die Architektur wird in drei Service-Ebenen unterteilt: Infrastructure Services, Enabling Services und Application Services. Die erste Ebene umfasst grundlegende Services, die zweite dient der Anwenderunterstützung, ein Beispiel ist ein Email Dienst oder Web-Server. Die letzte Ebene stellt die Basis für Softwareanwendungen zur Verfügung [KS02, S. 104].

Entwicklung eines taktischen Plans: In dieser Phase wird ein Implementierungsplan für die Anwendungen erstellt. Im Wesentlichen handelt es sich um eine Reihenfolge von Anwendungsschritten, wie sie klassischerweise im Projektmanagement eingesetzt werden [KS02, S. 105].

Aufbau einer eBusiness Lösung: Diese Phase umfasst vier Teilschritte. Die Planung des Projektes, die Definition neuer Prozesse, die Entwicklung und Umsetzung der Lösung sowie das Einführen der eBusiness-Lösung. Im Kern geht es um das Re-Engineering bestehender Geschäftsprozesse zur Realisierung völlig neuer Anwendungen [KS02, S.111f.].

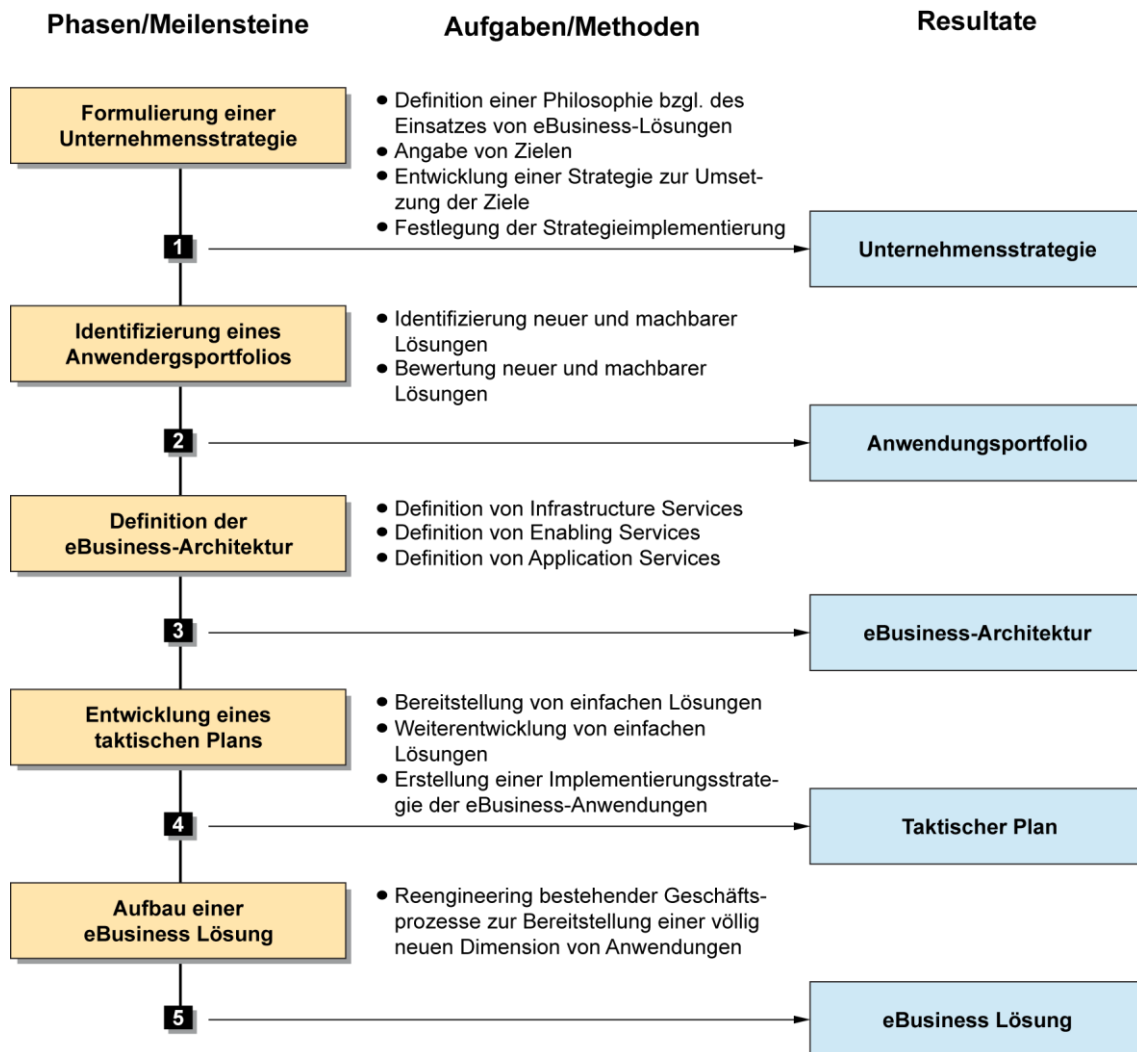


Bild 3-14: Vorgehensmodell der Strategischen Roadmap in Anlehnung an KOUSHIK und STRAETEN [KS02, S. 95]

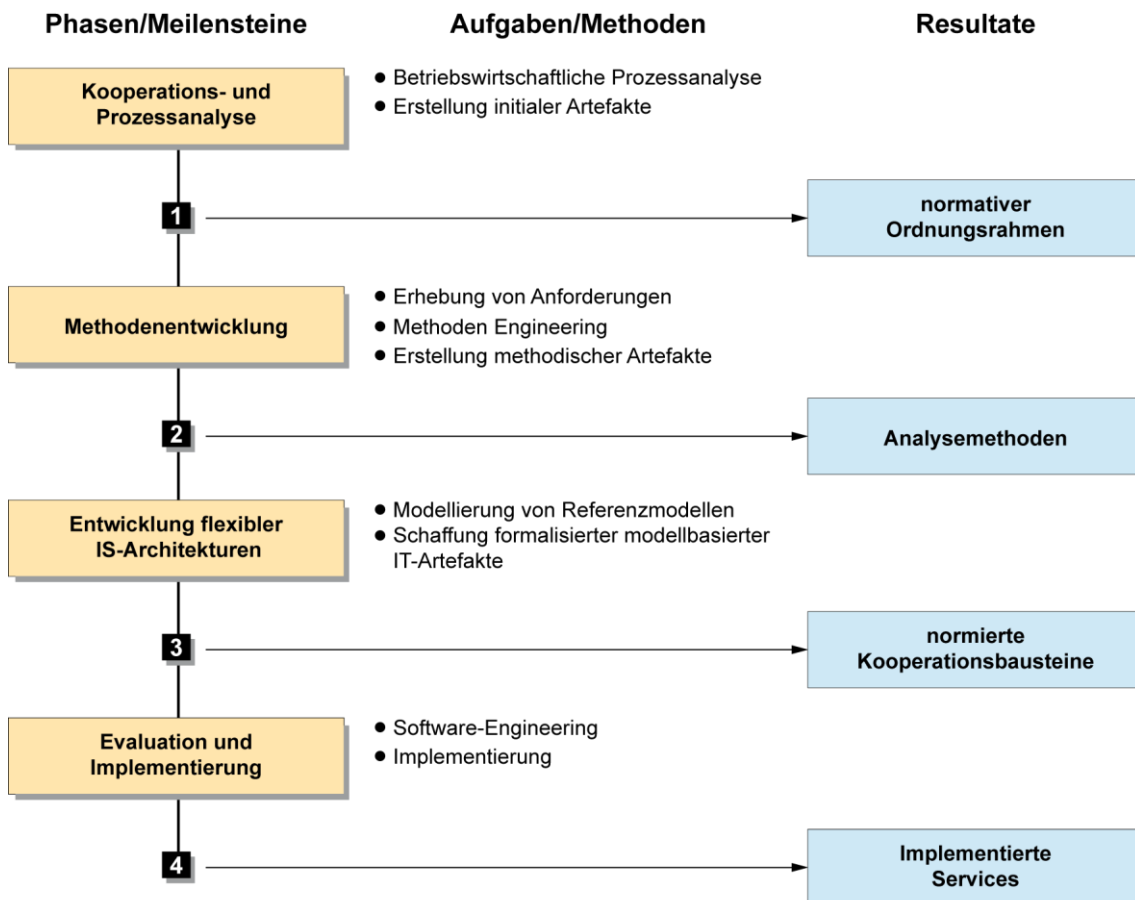
Beurteilung: KOUSHIK und STRAETEN präsentieren einen ganzheitlichen Ansatz von der Planung bis zur Umsetzung von eBusiness-Lösungen. Ausgehend von einer Strategieentwicklung, die in Grundzügen der für diese Arbeit erforderlichen Definition der Marktleistung entspricht, wird eine Business Architektur entwickelt und eine Umsetzung im Sinne des Process-Re-Engineering präsentiert. Die Analyse der Auswirkungen steht nicht im Fokus des Ansatzes. Die Wiederverwendung von etabliertem Wissen findet ebenfalls nicht statt. Die Gestaltung des Transformationsprozesses geht von einer Strategie aus und wird anschließend in einem taktischen Plan verfeinert. Dies kann ein vielversprechender Ansatz sein, den späteren Umsetzungsprozess zu dokumentieren.

3.3.4 Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke

Das Projekt *Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke* (FlexNet) war ein Forschungsvorhaben aus dem Förderschwerpunkt „Integration

von *Produktion und Dienstleistungen*“ des BUNDESMINISTERIUMS FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF). Ziel des Projektes waren Konzepte, die den Aufbau und die Anpassung von hybriden Wertschöpfungsnetzwerken sowie die organisatorische Restrukturierung von Geschäftsprozessen unterstützen. Die Konzepte sollten sich an speziellen Herausforderungen hybrider Wertschöpfung orientieren und informationstechnisch unterstützt werden [DLR11, S. 47].

Die Vorgehensweise im Projekt gliederte sich in vier wesentliche Arbeitspakete (siehe Bild 3-15), die durch die unterstützenden Themen *Projektmanagement*, *Know-how-Transfer* und *Forschungslandkarte* begleitet wurde. Auf die drei unterstützenden Aktivitäten wird im Folgenden nicht weiter eingegangen [BBK+11, S. 11f.].



IS: Informationssystem

Bild 3-15: Vorgehensmodell des Projektes FlexNet nach BECKER ET AL. [BBK+11, S. 21]

Kooperations- und Prozessanalyse: Die Analyse hat die Identifikation und Untersuchung von charakteristischen Prozessen in Kooperationsszenarien von Produktion und Dienstleistung zum Ziel. Die Ergebnisse einer Literaturanalyse sowie von Fallstudien realer Kooperationsszenarien sind dokumentierte Prozessmodelle hybrider Wertschöpfung und ein normativer Ordnungsrahmen [DLR11, S. 48ff.].

Methodenentwicklung: Ziel war ein modellierungsmethodischer Apparat zur Spezifikation von Referenzlösungen. Dafür sind Anforderungen ermittelt worden, die auf die speziellen Herausforderungen hybrider Wertschöpfung abzielen. Zentrales Ergebnis ist der *FlexNet Architekt*, welcher die entwickelten Methoden internetbasiert zur Verfügung stellt [DLR11, S. 47ff.].

Entwicklung flexibler Informationssystemarchitekturen: In diesem Arbeitspaket wurden standardisierte Kooperationsbausteine entwickelt. Diese unterstützen die betriebswirtschaftliche (integrierte Geschäftsprozesse) und informationstechnische Konzeption und Umsetzung der hybriden Wertschöpfung. Die ausspezifizierten Bausteine wurden anschließend in der DIN PAS 1091 veröffentlicht. Jeder Baustein wird anhand einer Grundstruktur beschrieben (siehe Bild 3-16), diese beschreibt, welche Koordinations- und zusätzliche Aufgaben in hybriden Wertschöpfungsnetzwerken wahrzunehmen sind. Insgesamt werden 37 Bausteine beschrieben [BBK+11, S. 165], [PAS1091, S. 6ff.]

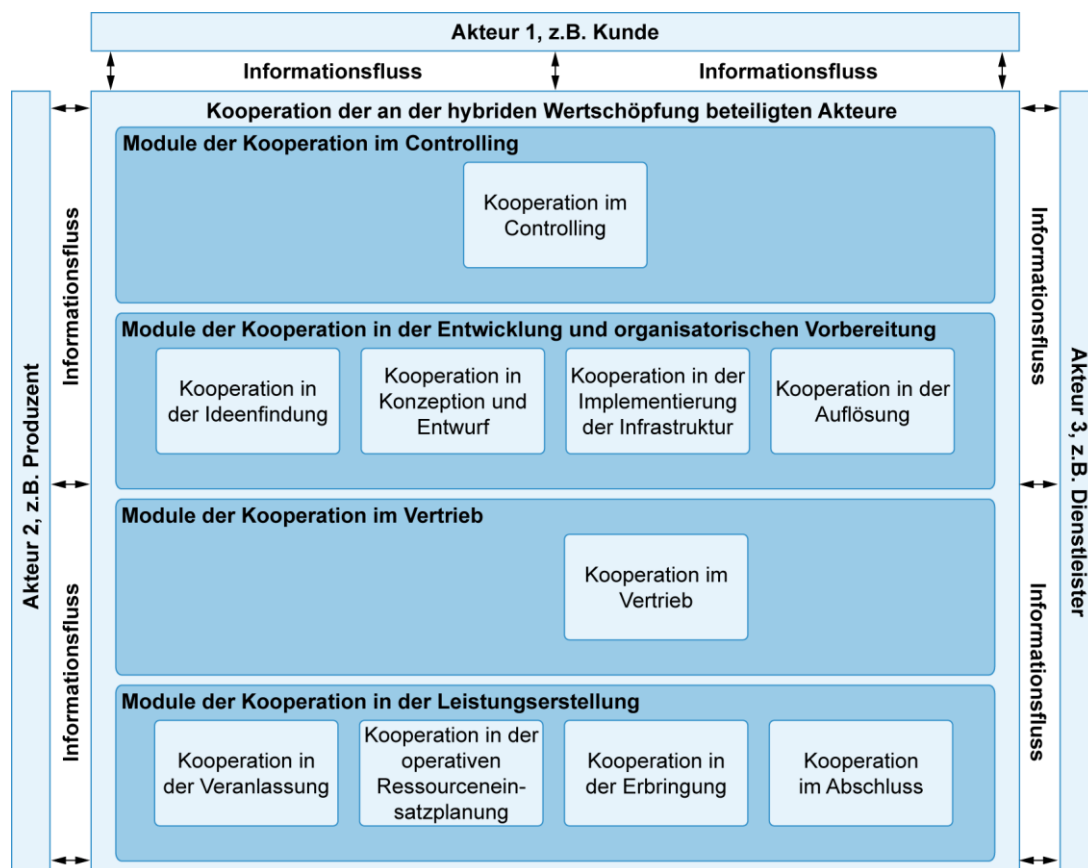


Bild 3-16: Grundstruktur spezifizierter Bausteine nach [PAS1091, S. 7].

Evaluation und Implementierung: In diesem Arbeitspaket wurden ausgewählte Dokumente und Bausteine in Anwenderprototypen softwaretechnisch implementiert. Ziel war die Eignungsprüfung für die Auswahl eines geeigneten Abstraktionsniveaus. [DLR11, S. 47ff.]

Beurteilung: Im Forschungsprojekt FlexNet wurden Ansätze zur organisatorischen Restrukturierung von Geschäftsprozessen sowie deren informationstechnischen Unterstützungen erarbeitet. Der Ansatz liefert ein Referenzmodell flexibler Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetze. Dieses ist in weiten Teilen theoretisch gehalten, was den Rahmenbedingungen eines Forschungsvorhabens geschuldet ist. Von besonderem Interesse für diese Arbeit ist der entwickelte Ordnungsrahmen für Prozessbausteine hybrider Kooperationsformen sowie die darin beschriebenen Bausteine. Es gilt zu prüfen, inwieweit diese zur Gestaltung hybrider Wertschöpfung genutzt werden können.

3.3.5 Business Transformation für hybride Wertschöpfungsnetzwerke

Analog zu dem zuvor präsentierten Ansatz, handelt es sich bei der *Business Transformation für hybride Wertschöpfungsnetzwerke* ebenfalls um ein gefördertes Forschungsprojekt (Serv.Biz). Ziel war die analytische Durchdringung hybrider Wertschöpfung um neue Organisations- und Geschäftsmodelle zu entwickeln [BH08, S. 7f.]. Fokus des Projektes war die Untersuchung von Wirkzusammenhängen zwischen neuartigen Organisationsformen, innovativen Geschäftsmodellen und neuen Wertschöpfungsformen. Die Erarbeitung praxisnaher Konzepte zur Gestaltung hybrider Wertschöpfungsformen sollte so unterstützt werden [VDI08, S. 61]. In dem Projekt wurde zur Planung der Transformation hin zum hybriden Produzenten die *PROMET* (PROzess METHode) angewendet. Diese beruht auf dem Business-Engineering-Ansatz aus St. Gallen und gliedert sich in drei Schritte (siehe Bild 3-17).

Entwurf der Strategie: Ziel ist die Definition der Rolle des Unternehmens im Wertschöpfungsnetzwerk. Dazu werden relevante Kunden- und Benutzergruppen analysiert, die Partnerbeziehungen untersucht und Kernkompetenzen sowie Prozesse spezifiziert. Eine Analyse der Kundenprozesse unterstützt die Ableitung der im Wertschöpfungsnetzwerk zu erbringenden Leistungen. Wichtige Hilfsmittel bei der Definition der Rolle im Wertschöpfungsnetzwerk sind das Geschäftsarchitekturmodell, das Geschäftsmodell sowie ein Kundenprozessmodell [ÖW03, S. 95f.], [Wet10, S. 101].

Entwurf der Prozesse: Kern ist die Beschreibung der Prozessschritte und ihr Zusammenwirken. Dazu gehört neben der Beschreibung auch die Verknüpfung interner Prozesse mit den Kooperationsprozessen. Diese repräsentieren das Zusammenwirken zwischen den Partnern. Für jeden Prozessschritt werden die zu erbringenden Leistungen spezifiziert, Aktivitäten und Abfolgen festgelegt sowie Verantwortlichkeiten definiert. Ziel dieses Schrittes ist die Gestaltung einer möglichst optimalen Organisation. Für den Entwurf von Prozessen werden unterschiedliche Hilfsmittel präsentiert (siehe [ÖW03, S. 103ff.], [Wet10, S.101]).

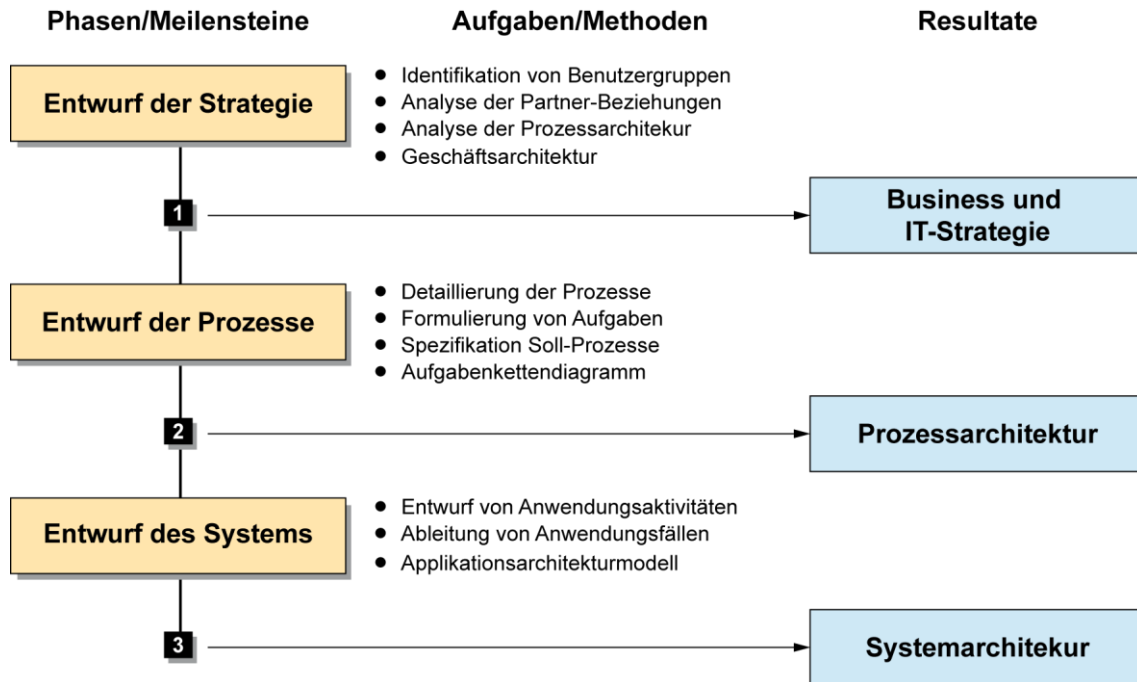


Bild 3-17: Business Transformation für hybride Wertschöpfungsnetzwerke in Anlehnung an WETZEL [Wet10, S.98]

Entwurf des Systems: In dieser Phase werden unterschiedliche Applikationen und ihr Zusammenwirken beschrieben [Wet10, S. 102]. Die Applikationen unterstützen die beschriebenen Prozessschritte bspw. durch die Automatisierung von Aktivitäten. Diese sind für die vorliegende Arbeit von keiner großen Bedeutung und werden daher nicht weiter betrachtet.

Beurteilung: Ziel des Forschungsprojektes *Serv.Biz - Business Transformation für hybride Wertschöpfungsnetzwerke* war die Entwicklung von Ansätzen zur Gestaltung hybrider Wertschöpfungsformen. Der Gestaltungsansatz umfasst die Bereiche Strategie, Prozesse und Systeme und orientiert sich am Business Engineering Ansatz aus St. Gallen. Es werden verschiedene Methoden und Ansätze präsentiert, um ein auf den Kunden ausgerichtetes Wertschöpfungssystem zu planen. Die Kombination von Service-Aspekten steht dabei im Vordergrund. Der Ansatz detailliert einige Aspekte der Prozessgestaltung, unterscheidet sich jedoch nicht grundsätzlich von bekannten Ansätzen des Business Engineerings. Der Ausgangspunkt der Transformation bildet das Geschäftsmodell.

3.3.6 Wissensorientierte Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken nach RITSCH

RITSCH präsentiert einen Ansatz zur wissensorientierten Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken. Dieser beruht insbesondere auf der Kombination des Wissens unterschiedlicher Akteure. Wissen beschreibt in diesem Zusammenhang bspw. die Kenntnis über bestimmte Prozesse und Aktivitäten zur Leistungserstellung. Durch die gezielte Kombination von Wissen in Wertschöpfungsnetzwerken soll ein Wettbewerbsvorteil gegenüber

Konkurrenten erreicht werden. RITSCH spricht der Gestaltung von strategischen Wissenszielen eine große Bedeutung zu. Er bezeichnet damit die Festlegung, welches Wissen oder welche Fähigkeiten zukünftig von großer Bedeutung sind. Das Vorgehen zur wissensorientierten Gestaltung gliedert sich in drei Schritte (siehe Bild 3-18). [Rit05, S. 145ff.]. Diese sind angelehnt an den „Knowledge System Design“-Ansatz von WOHINZ zur Gestaltung von Wissenssystemen [Woh03, S. 362ff.]. Die Notwendigkeit einer Veränderung einer Organisation, die den Anstoß zur Neugestaltung des Wertschöpfungsnetzwerks gibt, wird dabei vorgelagert betrachtet und ist nicht Teil des hier beschriebenen Vorgehensmodells [Rit05, S. 150].

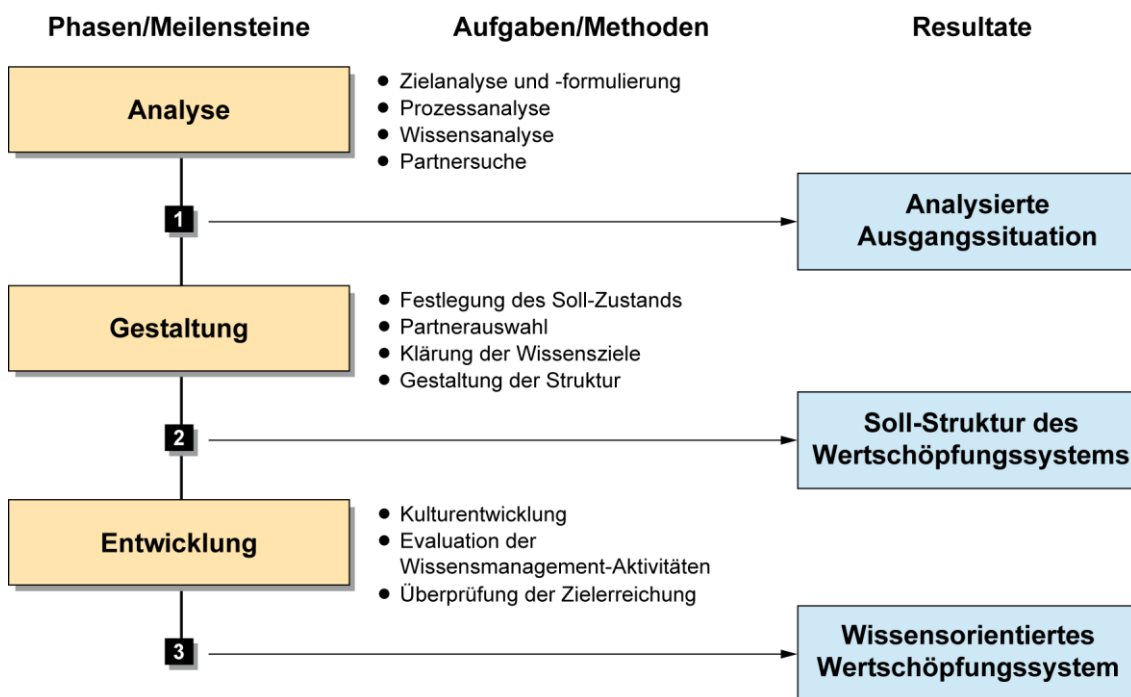


Bild 3-18: Vorgehensmodell zur wissensorientierten Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken nach RITSCH [Rit05, S. 150]

Analyse: Erster Schritt dieser Phase ist die Identifikation und Formulierung von Zielen, die mit der Gestaltung verfolgt werden. Es ist darauf zu achten, dass diese lösungsneutral beschrieben werden. Anschließend werden solche Prozesse im Wertschöpfungsnetzwerk analysiert, die zur Erstellung der Leistung erforderlich sind und die durch ein Wissenssystem unterstützt werden sollen. Die Analyse endet, wenn die Prozessschritte in einzelne Tätigkeiten aufgegliedert sind. Die Wissensanalyse beantwortet die Frage, welches Wissen für die Prozesse notwendig und welches Wissen davon bereits im Unternehmen vorhanden ist. Die abschließende Partnersuche für nicht vorhandene Wissens Elemente analysiert mögliche Wertschöpfungspartner auf ihre Tauglichkeit [Rit05, S. 157ff.].

Gestaltung: Zu Beginn der Gestaltung wird der Soll-Prozess definiert. Dieser beinhaltet ein Kompetenzportfolio über benötigtes Wissen für die geplanten Prozesse. Anschließend werden geeignete Partner ausgewählt und gemeinsam die Wissens- oder Kompetenzziele festgelegt. Die Auswahl erfolgt dabei anhand von unterschiedlichen Kriterien wie bspw.

einem Kulturprofil. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund des Risikos einer Abwanderung von Wissen entscheidend. Abschließend ist die Struktur des Wertschöpfungsnetzwerkes und der Kooperation zu planen. Hier steht u.a. die Vernetzung von Wissensträgern in unterschiedlichen Unternehmen (Expertennetzwerken) und die finanzielle Verflechtung im Fokus [Rit05, S. 170ff.].

Entwicklung: Die Entwicklung fokussiert Themen, die bei einer intensiven Zusammenarbeit im Netzwerk zukünftig eine größere Bedeutung erlangen. Dazu gehören Fragen, informellen Regelungen, den Verlauf der Wissensmanagement-Aktivitäten und die Überprüfung der Ziele [Rit05, S. 189ff.]. Dieser Abschnitt hat keine größere Bedeutung für die vorliegende Arbeit.

Beurteilung: RITSCH präsentiert einen wissensorientierten Ansatz zur Gestaltung von Wertschöpfungssystemen. Dieser folgt den Phasen Analyse, Gestaltung und Entwicklung. Er greift verschiedene Methoden anderer Autoren auf und strukturiert und erweitert diese zu einem eigenen Vorgehensmodell. Die Fokussierung auf die Planung und Bewertung der benötigten Fähigkeiten ermöglicht eine fundierte Partnerauswahl. Die Analyse und Gestaltung hybrider Wertschöpfung steht jedoch nur bedingt im Fokus des Ansatzes. Eine Verwendung von bestehenden Lösungen findet nicht statt. Die von RITSCH präsentierten Methoden zielen insbesondere auf die Planung von Wertschöpfungsnetzwerken, in denen verschiedenste Fähigkeiten und Kompetenzen benötigt werden.

3.3.7 Roadmap für die Digitale Transformation von Geschäftsmodellen nach SCHALLMO

SCHALLMO liefert mit der Roadmap für die Digitale Transformation von Geschäftsmodellen einen Ansatz zur Gestaltung der digitalen Transformation. Ziel ist es, die Potentiale der Digitalisierung zu nutzen, um effizienter und schneller Leistungen für Kunden anbieten zu können. Zentrales Element ist das Geschäftsmodell eines Unternehmens. Dieses umfasst unterschiedliche Elemente, die es digital zu transformieren gilt [Sch16a, S. VII]. Ausgehend von einer Analyse der Ausgangssituation erfolgt die Transformation in sechs Schritten (siehe Bild 3-9). Diese umfassen u.a. die Definition von Zielen, die Bewertung der digitalen Eignung sowie die Gestaltung des Wertschöpfungsnetzwerkes. Die einzelnen Phasen des Vorgehens werden im Folgenden erläutert.

Erfassen der digitalen Realität: Das Ziel dieser Phase ist eine umfassende Übersicht über die digitale Realität des Unternehmens. Dazu wird das aktuelle Geschäftsmodell innerhalb eines vorgegebenen Schemas skizziert, die Wertschöpfungskette inklusive unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen und zugehöriger Partner analysiert, sowie die Kundenanforderungen erfasst und ein Kundenprofil erstellt [Sch16a, S. 24ff.].

Definition von Zielen: Kern dieser Phase ist die Entwicklung einer digitalen Ambition für das zukünftige Geschäftsmodell. Dazu werden Ziele in den Kategorien *Zeit*, *Finanzen*,

Raum und *Qualität* erfasst. Da Ziele mehrere Kategorien betreffen und sich somit in ihrer Wirkung überschneiden können, werden diese anschließend priorisiert [Sch16a, S. 28ff.].

Ableiten von Handlungsoptionen: In dieser Phase werden digitale Potentiale für das Geschäftsmodell identifiziert und abgeleitet. Die Analyse von Best Practices und Enabler zur Digitalen Transformation dient dabei als Unterstützung. Zu den Enablern gehören beispielsweise ein “digitaler Kundenzugang” oder die “Vernetzung” der Wertschöpfungskette [Sch16a, S. 30ff.].

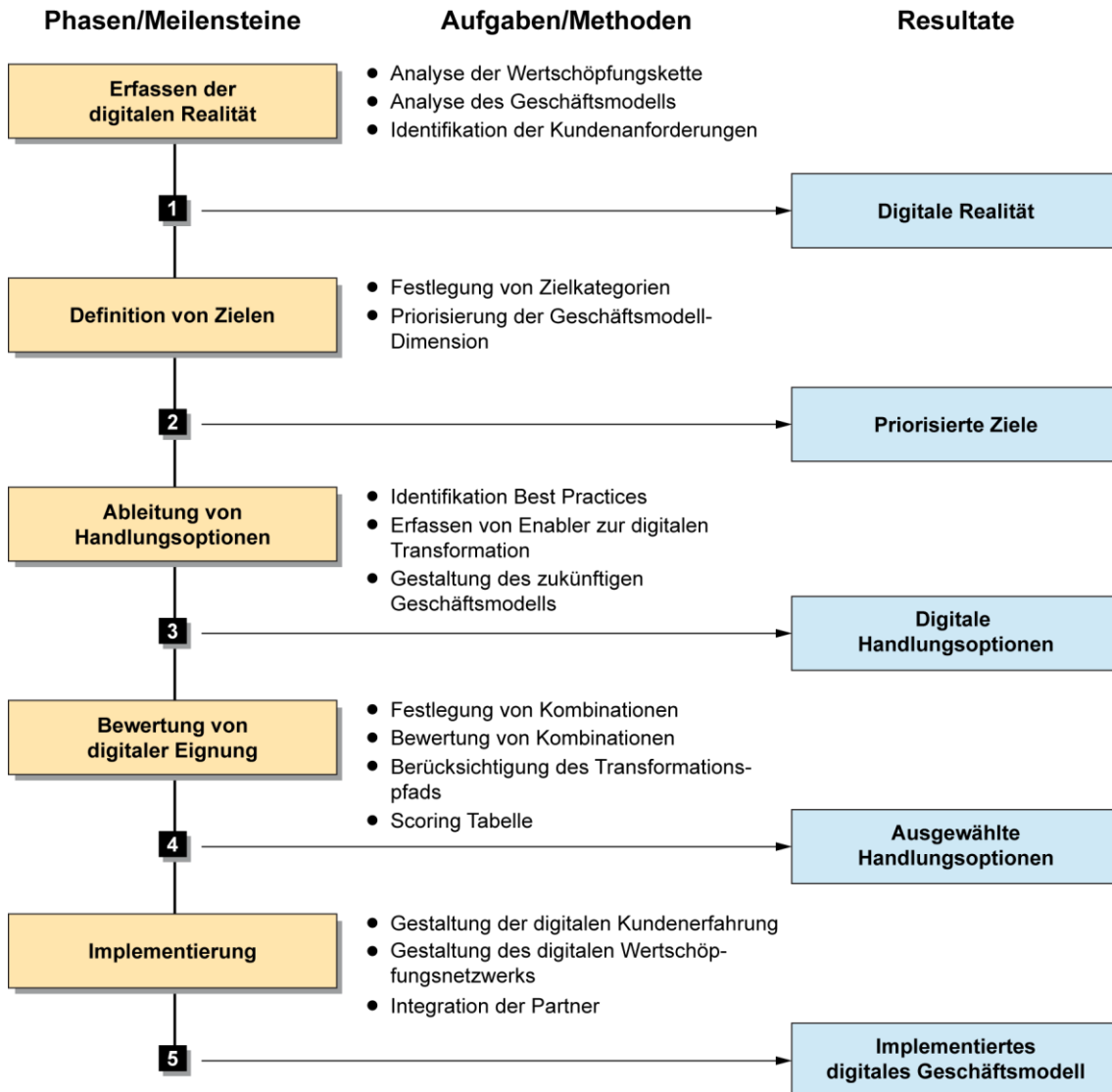


Bild 3-19: Vorgehensmodell zur digitalen Transformation nach SCHALLMO [Sch16a, S. 23]

Bewertung von digitaler Eignung: Ziel ist die Bewertung der digitalen Eignung der identifizierten Handlungsoptionen hinsichtlich der Geschäftsmodelleignung, der Erfüllung der Kundenanforderungen und dem Erreichen der in Phase zwei definierten Ziele. Zudem werden unterschiedliche Transformationspfade berücksichtigt [Sch16a, S. 35ff.].

Implementierung: Abschließend wird in das digitale Geschäftsmodell operationalisiert. Dazu gehören die Finalisierung des Geschäftsmodells und die Gestaltung des digitalen Wertschöpfungsnetzwerkes. Die Implementierung erfolgt iterativ, um ggf. Anpassungen, die sich auf der Grundlage von Tests ergeben, vornehmen zu können [Sch16a, S. 40ff.].

Beurteilung: SCHALLMO präsentiert einen Ansatz zur digitalen Transformation von Unternehmen und zugehörigen Wertschöpfungsnetzwerken auf der Basis eines veränderten digitalen Geschäftsmodells. Der Transformationsprozess beruht auf der Analyse bereits erfolgreicher Umsetzungen am Markt sowie auf bekannten Digitalisierungs-Enablern. Der Ansatz analysiert zwar nicht systematisch die Auswirkungen auf die bestehende Wertschöpfung, stellt aber verschiedene Ausprägungen zur Gestaltung bereit, welche anhand von Hilfsmitteln bewertet werden. Die Wertschöpfung ausgehend vom Geschäftsmodell zu gestalten, scheint ebenso wie die Idee, bestehende Lösungen zu analysieren und einzusetzen, erfolgversprechend, um die hybride Wertschöpfung effizient zu gestalten. Ein einheitliches Schema zur Beschreibung wird jedoch nicht präsentiert. Die abschließende Gestaltung der Wertschöpfung ist sehr allgemein gehalten.

3.3.8 Analyse und Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken nach BACH

BACH ET AL. geben einen umfangreichen Überblick über die wertschöpfungsorientierte Organisation [BBB+12]. Sie strukturieren die Entwicklung von Wertschöpfungsstrukturen in drei Schritten (siehe Bild 3-20) und präsentieren eine Vielzahl an unterschiedlichen, jedoch bewährten Methoden und Werkzeugen. Im Folgenden werden die verschiedenen Bereiche und wesentlichen Handlungsfelder, die für diese Arbeit von Interesse sind, zusammenfassend erläutert.

Analyse und Gestaltung von Wertschöpfungsarchitekturen: Wertschöpfungsarchitekturen beschreiben die Verbindung zwischen der Organisations-Ebene (Fokus auf das Unternehmen) und der Strategie-Ebene (Fokus auf die Branche). Sie definieren die Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen internen und externen Wertschöpfungsaktivitäten [BBB+12, S. 97]. Zu Beginn der Phase wird zuerst die Wertschöpfungstiefe definiert. Diese beschreibt den Anteil der Wertschöpfungsprozesse, für die ein Unternehmen eigene Ressourcen vorhält. Hilfsmittel zur Definition der Wertschöpfungstiefe ist u.a. die Transaktionskostentheorie. Darauf folgt die Analyse der Rahmenbedingungen. Ziel ist die Identifikation von Potentialen, die durch das Unternehmen erschlossen werden können. Grundlage dafür ist die Analyse der Schnittstellenstandards und die Positionierung des Unternehmens in der Wertschöpfungsstruktur. Abschließend werden die Wertschöpfungsarchitektur und damit die zugehörigen Schnittstellen gestaltet. Als Gestaltungsoptionen werden dazu drei Formen der Kooperation genutzt [BBB+12, S. 115ff.].

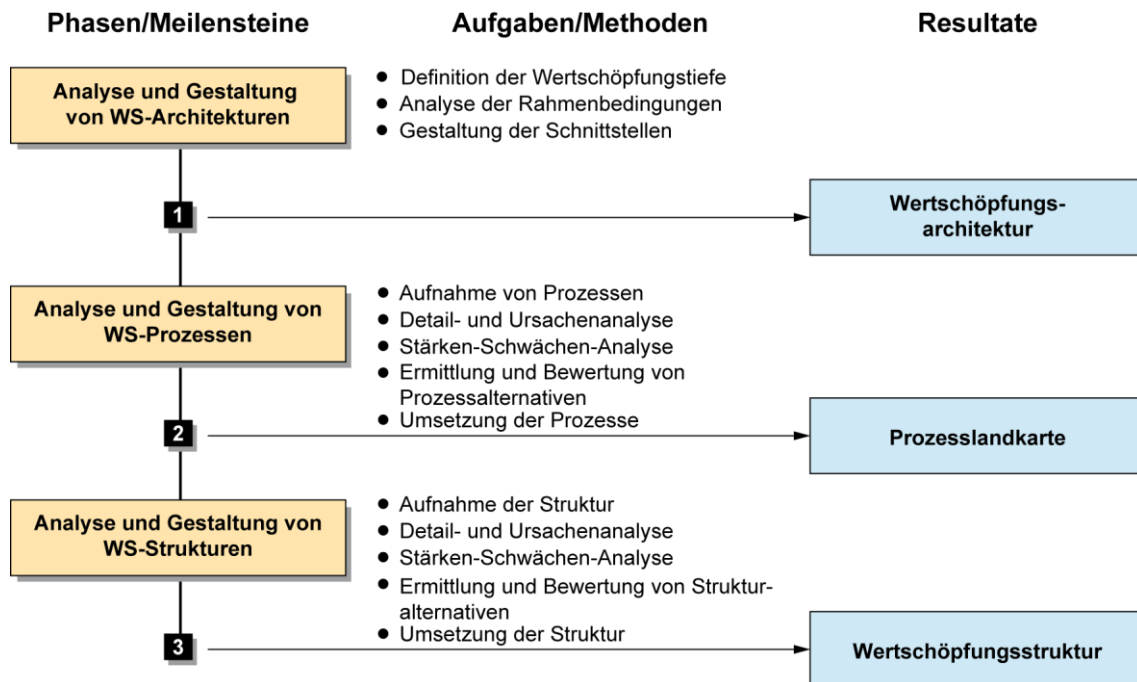


Bild 3-20: Vorgehensmodell zur Gestaltung wertschöpfungsorientierter Organisationen in Anlehnung an BACH ET AL. [BBB+12]

Analyse und Gestaltung von Wertschöpfungsprozessen: Diese Phase unterteilt sich in die Schritte Prozessaufnahme, -analyse, -konzeption und -umsetzung. Die Prozessaufnahme erfolgt dabei nicht zwangsläufig nur innerhalb des Unternehmens sondern kann auch Prozesse im Wertschöpfungsnetzwerk betreffen. Sie findet anhand bewährter Methoden (bspw. BPMN) statt und soll transparent und vollständig sein. Die folgende Analyse findet innerhalb eines vorher zu bestimmenden Analysebereiches statt. Ziel ist eine Untersuchung hinsichtlich der Schnittstellen, der Reihenfolge sowie der Beziehungen zwischen den Teilprozessen. BECKER ET AL. liefern eine Übersicht über die verschiedenen Analysetechniken [BBB+12, S. 219ff.]. In der Prozesskonzeption werden Vorschläge für verbesserte oder neue Prozesse erarbeitet und anschließend bewertet. Zur Gestaltung werden u.a. Techniken des Prozess(re)designs verwendet. Dies sind bspw. das Eliminieren von Teilprozessen oder das Zusammenfassen von Prozessen. Eine Übersicht liefert [BBB+12, S. 227ff.]. Bei der Umsetzung der Prozessänderungen wird insbesondere auf die Wichtigkeit von Prozessrollen und Prozesscontrolling hingewiesen. Für beides werden bewährte Methoden, wie die Zuordnung von Prozessverantwortlichen sowie Key Performance Indicators, präsentiert [BBB+12, S. 236ff.].

Analyse und Gestaltung von Wertschöpfungsstrukturen: Die Analyse und Gestaltung von Wertschöpfungsstrukturen erfolgt analog dem Vorgehen aus Phase zwei. Die Aufnahme stellt den Ist-Zustand des Unternehmens fest. Dazu gehören Unternehmensdaten, Prozesslandkarten oder Unternehmensbesonderheiten. Die darauf folgende Analyse stellt das Verarbeiten der Informationen, die Identifikation von Problemen und Ursachen sowie die abschließende Bewertung des Ist-Zustandes in den Vordergrund. Ziel der sich anschließenden Strukturkonzeption ist ein konkreter umsetzbarer Strukturvorschlag. Dieser

beinhaltet im Wesentlichen unterschiedliche Wertschöpfungskonfigurationen, welche priorisiert und bewertet sowie anschließend dokumentiert werden müssen. Die abschließende Strukturumsetzung organisiert Anpassungsmaßnahmen und konkretisiert die Umsetzungspläne. Für sämtliche Schritte dieser Phase stellen BACH ET AL. unterschiedliche Methoden und Werkzeuge zur Verfügung [BBB+12, S. 327ff.].

Beurteilung: BACH ET AL. präsentieren eine umfangreiche Sammlung von Methoden und Werkzeugen zur Analyse und Gestaltung von wertschöpfungsorientierten Organisationen. Sie unterteilen die Gestaltung in die Bereiche Wertschöpfungsarchitektur, Wertschöpfungsprozesse sowie Wertschöpfungsstruktur. Für jeden der Bereiche wird eine Übersicht gängiger Methoden vorgestellt. Es wird kein durchgängiges Vorgehensmodell präsentiert an dem sich Unternehmen bei der Gestaltung hybrider Wertschöpfung orientieren können. Der Fokus liegt auf dem Aufzeigen der zentralen Handlungsfelder und zugehöriger Techniken. Insbesondere die Methoden zur Prozess- und Strukturgestaltung sind von Interesse für diese Arbeit. Es gilt zu prüfen, inwieweit Methoden übernommen oder angepasst werden können.

3.3.9 Vorgehen zur Entwicklung einer Industrie 4.0-Einführungsstrategie nach MERZ und SIEPMANN

MERZ und SIEPMANN entwickelten ein Vorgehensmodell zur Entwicklung einer Industrie 4.0-Einführungsstrategie. Zielgruppe des Vorgehensmodells ist das Management eines Unternehmens, das sich mit der Herausforderung einer Industrie 4.0 Einführung konfrontiert sieht. Das Vorgehensmodell soll einen Ordnungsrahmen darstellen, um ganzheitlich, strategisch und strukturiert vorzugehen. Es gliedert sich in drei Phasen (siehe Bild 3-21) und wird im Folgenden erläutert [MS16, S. 95].

Industrie 4.0 Analyse: Ziel der Phase ist die Bestimmung der strategischen Industrie 4.0 Position des Unternehmens. MERZ und SIEPMANN stellen hierfür die 3C-Analyse zur Verfügung. Bestandteile sind die Analyse der jeweiligen Wettbewerber und deren Strategie in Bezug auf Industrie 4.0 sowie die anschließende Ermittlung der geeigneten Wettbewerbsrolle. Hinzu kommt die Analyse von Merkmalen zur Kundenbindung inklusive der Identifikation der optimalen Kombination aus Produkt- und Serviceeigenschaften, sowie die Analyse der Unternehmensprozesse und –produkte zur Ermittlung des Anpassungsbedarfs [MS16, S. 97ff.].

Identifikation des Zielkorridors: Kern dieser Phase ist die Identifikation einer Zielstrategie. Es werden vier verschiedene strategische Entwicklungsszenarien aufgezeigt, die jeweils unterschiedliche Auswirkungen auf die Geschäftsstrategie haben. Die Beschreibung der Strategien können [MS16, S. 102f.] entnommen werden. Anschließend werden aufbauend auf der ausgewählten Strategie erste Projekte und Maßnahmen definiert [MS16, S. 101].

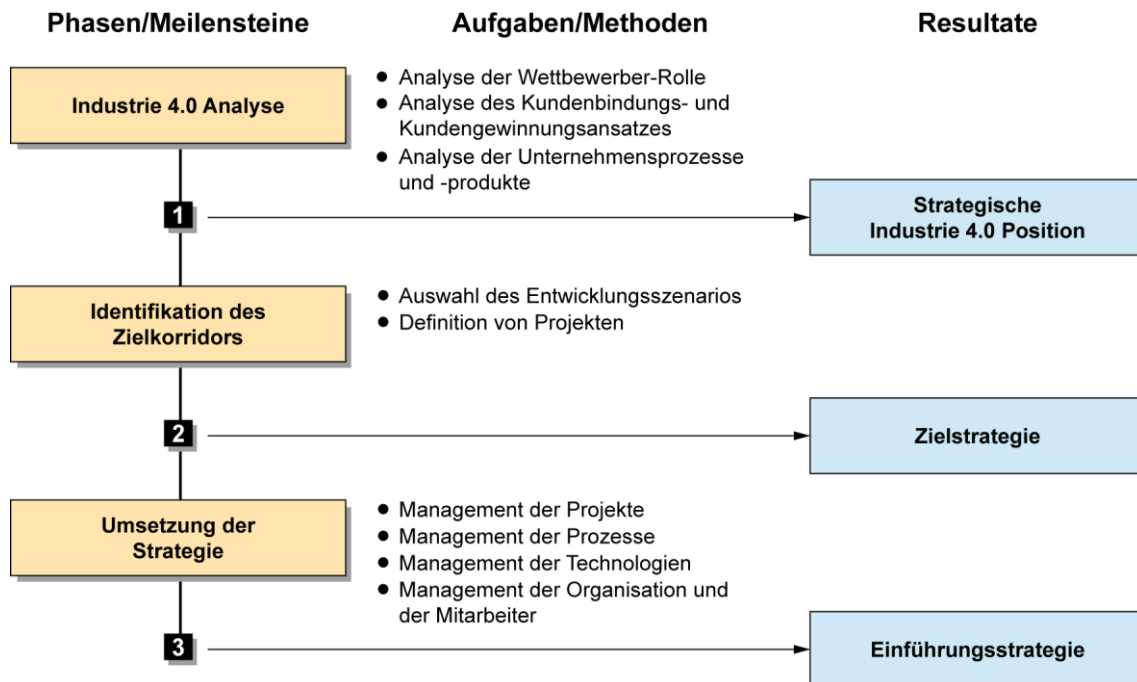


Bild 3-21: Vorgehensmodell zur Entwicklung einer Industrie 4.0 Einführungsstrategie nach MERZ und SIEPMANN [MS16, S. 95]

Umsetzung der Strategie: Die dritte Phase ist laut MERZ und SIEPMANN entscheidend bei der Einführung von Industrie 4.0 [MS16, S. 104]. Die Umsetzung erfolgt hier auf fünf verschiedenen Management-Ebenen. Das Management der Projekte erfolgt anhand bewährter Methoden, MERZ und SIEPMANN betonen dabei die Wichtigkeit des Projektmanagements für den Gesamterfolg. Das anschließende Management der Prozesse beschreibt die interne und externe Optimierung der Wertschöpfungsprozesse. Parallel erfolgt das Management von Technologien mit dem Ziel der Auswahl, Implementierung und Planung geeigneter Industrie 4.0 Technologien. Das Management von Organisationen betrachtet die Veränderungen in der Aufbauorganisation [MS16, S. 104ff.] .

Beurteilung: MERZ und SIEPMANN präsentieren ein Vorgehensmodell zur Entwicklung von Industrie 4.0 Einführungsstrategien. Dieses unterteilt die Bereiche Analyse der Industrie 4.0 Strategie, der Identifikation einer Zielstrategie sowie deren Umsetzung. Das Vorgehensmodell bleibt sehr generisch und bietet kaum praktischen Nutzen bei der Gestaltung der hybriden Wertschöpfung. Die Gestaltungsrichtung wird durch vier vorab festgelegte Referenzstrategien eingegrenzt. Die Auswirkungen der Änderungen werden jedoch adressiert und es findet eine Berücksichtigung bestehender Wertschöpfungsstrukturen statt.

3.3.10 Werkzeugkasten Industrie 4.0 nach ANDERL ET AL.

Der *Werkzeugkasten Industrie 4.0* ist Teil eines Leitfadens zur Einführung von Industrie 4.0 Technologien in dem mittelständischen Maschinen- und Anlagenbau. Des Weiteren dient das Instrument zur Entwicklung eigener Industrie 4.0 Geschäftsmodelle und der

anschließenden Umsetzung. Komplettiert wird der Leitfaden durch eine Vorgehensweise, die die Anwendung des Werkzeugkastens im Unternehmen erläutert [And15, S.8]. Das Themenfeld Industrie 4.0 wird in dem Werkzeugkoffer in den Bereichen Produkt und Produktion in einzelne Handlungsfelder aufgeteilt und mögliche Entwicklungsstufen je Handlungsfeld aufgezeigt. Unternehmen sollen so mögliche Entwicklungsstufen präsentiert und Ansätze zur Erreichung dieser vermittelt werden. Der Bereich Produkt unterstützt primär die Ideengenerierung bei der Entwicklung von Sachleistungen, während der Bereich Produktion Ansätze zur Verbesserung der unternehmenseigenen Fertigung liefert.

Für die Bereiche Produkt und Produktionssystem werden unterschiedliche Handlungsfelder aufgezeigt, die sich wiederum in fünf Entwicklungsstufen aufteilen [And15, S.13]. Bild 3-22 zeigt einen Auszug aus dem Werkzeugkasten.



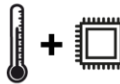







Industrie 4.0					
Integration von Aktoren/Sensoren					
	Keine Nutzung von Sensoren/Aktoren	Sensoren/Aktoren sind eingebunden	Sensordaten werden vom Produkt verarbeitet	Daten werden vom Produkt für Analysen ausgewertet	Das Produkt reagiert auf Basis der gewonnenen Daten eigenständig
Monitoring					
	Kein Monitoring durch das Produkt	Detektion von Ausfällen	Erfassung des Betriebszustandes zur Diagnose	Prognose der eigenen Funktionsfähigkeit	Selbstständige Maßnahmen zur Steuerung

Bild 3-22: Auszug des Werkzeugkastens Industrie 4.0 nach ANDERL ET AL. [And15, S. 9]

Beurteilung: ANDERL ET AL. präsentieren einen Ansatz zur Einführung von Industrie 4.0 für kleine und mittlere Unternehmen. Dazu wird ein Werkzeugkasten mit unterschiedlichen Leistungsstufen zur Verfügung gestellt. Der Leitfaden wurde bereits in der Praxis im Maschinen- und Anlagenbau erprobt, daher ist eine grundsätzliche Praxistauglichkeit gegeben. Die unterschiedlichen Leistungsstufen beschreiben Funktionen von Industrie 4.0 tauglichen Produkten und Produktionssystemen. Zur Gestaltung der Wertschöpfung eignen sich diese nicht. Sie geben jedoch einen Hinweis auf Funktionen, die im Wertschöpfungssystem realisiert werden müssen.

3.3.11 Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus nach WESTERMANN

Die Systematik nach WESTERMANN beschreibt die Reifegradmodell-basierte Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Sie soll Unternehmen in die Lage versetzen, die derzeitige Leistungsfähigkeit ihrer technischen Systeme objektiv zu bewerten, und die Weiterentwicklung ihrer Systeme hin zu CPS methodisch zu planen. Dazu umfasst die Systematik vier Bestandteile: eine Referenzarchitektur für CPS, ein Reifegradmodell für CPS, Hilfsmittel zur Spezifikation von CPS sowie ein Vorgehensmodell zur Reifegradmodell-basierten Planung. Die Referenzarchitektur ist ein allgemeingültiges Muster, das sämtliche Merkmale eines CPS umfasst und das Leitbild für die Weiterentwicklung der Systeme bildet. Das Reifegradmodell definiert die Eigenschaften eines CPS für verschiedene Leistungsstufen und beschreibt deren Zusammenhänge und die Entwicklung von geringer zu hoher Reife in Anlehnung an die erarbeitete Referenzarchitektur. Die Hilfsmittel unterstützen bei der Erstellung und Auswahl von Lösungsideen zur Leistungssteigerung. Das Vorgehensmodell beschreibt und ordnet die durchzuführenden Tätigkeiten [Wes17, S.1f.].

Von besonderem Interesse für diese Arbeit sind die Ausprägungen der Leistungsstufen für CPS (siehe Bild 3-23). Diese stellen die Grundlage von digitalisierten hybriden Marktleistungen dar und müssen daher im Wertschöpfungssystem realisiert werden. WESTERMANN präsentiert insgesamt 80 ausgeprägte Leistungsstufen für 20 Handlungselemente. Die Leistungsstufen definieren für die unterschiedlichen Komponenten der CPS-Referenzarchitektur deren Eigenschaften. Die Einordnung eines Systems in diese Leistungsstufen erlaubt eine Aussage über dessen aktuellen Leistungsstand.

Beurteilung: WESTERMANN präsentiert einen ganzheitlichen Ansatz zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Dieser enthält eine Referenzarchitektur für CPS, ein Reifegradmodell sowie Hilfsmittel zur Spezifikation und ein Vorgehensmodell. Das Reifegradmodell enthält keine Leistungsstufen für die Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken. Jedoch können die unterschiedlichen Leistungsstufen des Reifegradmodells als Bausteine für CPS angesehen werden. Im Rahmen dieser Arbeit gilt es zu überprüfen, ob diese in eine wertschöpfungsseitige Sicht überführt werden können. Hierdurch wird die Optimierung dient der Realisierung der unterschiedlichen Marktleistungsfunktionen unterstützt.

Human-Machine-Interface	Handlungselement	Leistungsstufen				
		1	2	3	4	5
	Funktionalität des HMI	Kein HMI	Ein- und Ausgabe von Parametern	Vorgegebene Nutzerprofile	Individuelle Nutzerprofile	Automatische Anpassung an den Bediener
	Ort des HMI	Integriertes HMI	Drahtgebundenes HMI	Drahtloses HMI	Ortsungebundenes HMI	Geräteunabhängiges HMI
	Funktionsumfang der Mensch-Maschine-Schnittstelle.	Das System verfügt über kein HMI.	Das HMI dient zur einfachen Ein- und Ausgabe von Parametern.	Das HMI kann mittels vorgegebener Nutzerprofile an den Benutzer eingeschränkt angepasst werden.	Nutzerprofile des HMI können individuell konfiguriert werden.	Das HMI passt sich automatisch an den Benutzer und seine Bedürfnisse an.
	Ort der Mensch-Maschine-Schnittstelle.	Das HMI ist fest in das System integriert.	Das HMI ist drahtgebunden mit dem System verbunden und kann eingeschränkt bewegt werden.	Das HMI ist drahtlos mit dem System verbunden und kann lokal uneingeschränkt bewegt werden.	Das System kann über das HMI ortsungebunden bedient werden.	Das System kann ortsungebunden über verschiedene Endgeräte bedient werden.

Bild 3-23: Handlungselemente und Leistungsstufen der CPS-Komponente „HMI“ nach WESTERMANN [Wes17, S. 106](Auszug)

3.3.12 Technologische Infrastruktur nach PORTER und HEPPELMANN

PORTER/HEPPELMANN entwickelten eine technologische Infrastruktur für intelligente, vernetzte Produkte. Unternehmen sind bei der Einführung von CPS gezwungen, sich infrastrukturell neu aufzustellen. Die von PORTER/HEPPELMANN aufgestellte technologische Infrastruktur soll Unternehmen dabei unterstützen und besteht aus den drei Hauptblöcken Produktwolke, Netzanbindung und Produkt (siehe Bild 3-24) [PH15, S. 7].

Der Hauptblock **Produkt** besteht aus dessen Hardware und der Software. Die Hardware besteht aus den mechanischen und elektrischen Komponenten sowie eingebetteten Sensoren und Kommunikationsschnittstellen. Die Software umfasst das eingebettete Betriebssystem, Softwareanwendungen sowie eine erweiterte Benutzerschnittstelle und Produktsteuerungskomponenten. Die **Netzanbindung** enthält die Netzwerkkommunikation und ermöglicht über unterschiedliche Protokolle die Kommunikation von Produkt und Produktwolke. Die **Produktwolke** umfasst wiederum Produktdatenbank, die Anwendungsplattform, eine Regel-/Analyse-Engine sowie intelligente Produktanwendungen. Die Produktdatenbank enthält ein Big-Data-Datenbanksystem, in dem historische Produktdaten aggregiert und verwaltet werden. Die Anwendungsplattform stellt eine Entwicklungsumgebung bereit, in der unterschiedliche Anwendungen schnell erstellt werden können. Die Regel-/Analyse-Engine umfasst Regeln, Geschäftslogiken und Big-Data-Analysefähigkeiten. Die Software in der Cloud, welche die Produktfunktionen überwacht, steuert und optimiert, ist den intelligenten Produktanwendungen verortet [PH15, S. 7].

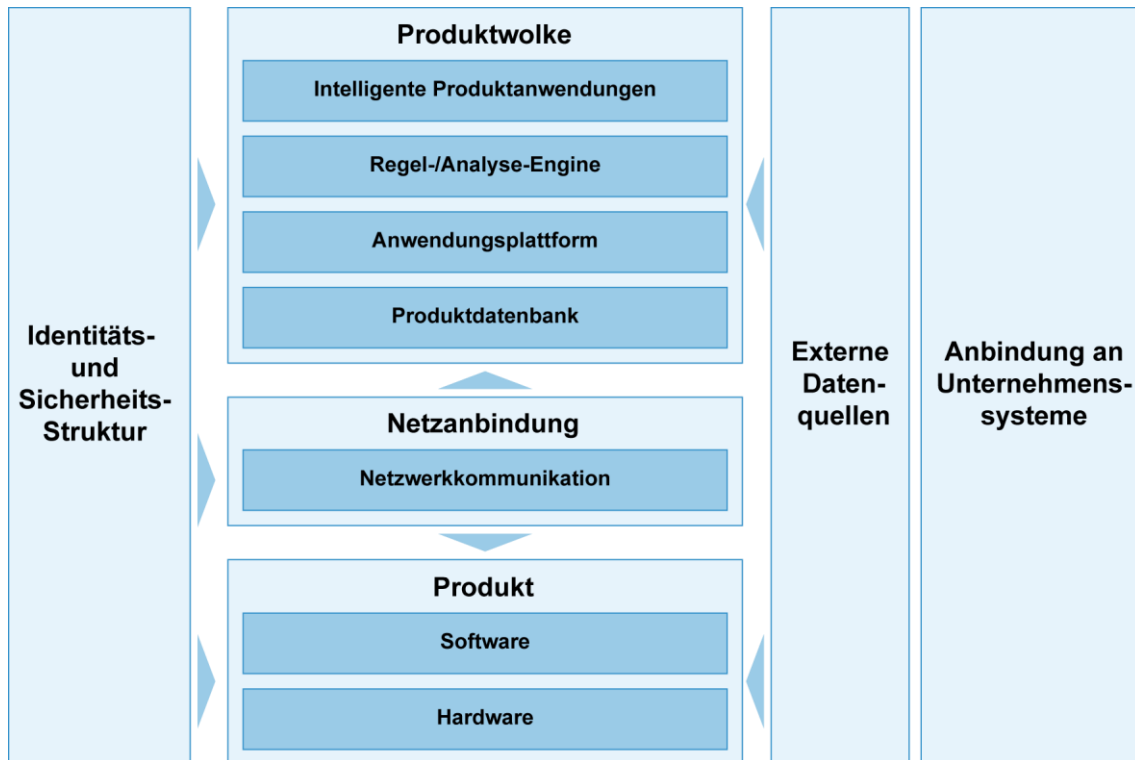


Bild 3-24: Technologieinfrastruktur nach PORTER/HEPPELMANN [PH15, S. 7]

Die genannten Hauptblöcke werden durch drei weitere Funktions-Blöcke flankiert. Diese sind die Identitäts- und Sicherheitsstruktur, externe Datenquellen und die Anbindung an Unternehmenssysteme. Die **Identitäts- und Sicherheitsstruktur** stellt Werkzeuge für die Verwaltung von Nutzerprofilen und Systemzugängen bereit sowie zur Sicherung der Komponenten bereit. **Externe Datenquellen** stellen die Grundlage für weitere Produktfunktionen dar. Die **Anbindung an Unternehmenssysteme** umfasst Tools, um die Produkte mit den Kernsystemen des Unternehmens zu verbinden [PH15, S. 7].

Beurteilung: PORTER/HEPPELMANN beschreiben eine technologische Infrastruktur für intelligente, vernetzte Produkte. Sie beinhaltet unterschiedliche Komponenten, die ein Unternehmen zur Realisierung von CPS benötigt. Es wird ein generischer Aufbau präsentiert und das Zusammenwirken der Komponenten dargestellt. Der Aufbau der Infrastruktur fokussiert die Produktsicht, die Komponenten eines Unternehmens werden in dem Ansatz jedoch sehr generell gehalten. Da bei der hybriden Wertschöpfung das Produkt Teil des Wertschöpfungsnetzwerkes ist, kann die technologische Infrastruktur als Ausgangspunkt gewählt werden. Es gilt zu prüfen, ob sie sich um Aspekte von Unternehmen erweitern lässt.

3.3.13 Funktionale Struktur produzierender Unternehmen nach GAUSEMEIER ET AL.

GAUSEMEIER ET AL. stellen ein generisches Modell eines produzierenden Unternehmens vor. Dieses unterteilt sich in die wesentlichen Funktionsbereiche und betrachtet die wichtigsten Beziehungen zwischen den einzelnen Bereichen (siehe Bild 3-25). Diese beruhen auf drei wesentlichen Hauptprozessen: dem Produktentstehungsprozess, dem Auftragsabwicklungsprozess sowie dem eigentlichen Herstellungsprozess. Die Autoren unterteilen die funktionale Struktur in die fünf wesentlichen Hauptbereiche **Marketing, Service, Qualitätssicherung, Arbeitsvorbereitung** und **Fertigung**. Das **Marketing** (Marktkommunikation, Entgeltpolitik) untergliedert sich in die Produktplanung und in den Vertrieb. Die Produktplanung erstellt Entwicklungsaufträge und Geschäftspläne für die Planung neuer Produkte. Der Vertrieb hingegen hat seine Hauptaufgabe in der Marktbearbeitung, um neue Kundenaufträge zu gewinnen. Diese werden an die Arbeitssteuerung weitergeleitet. Die Arbeitssteuerung beinhaltet die Planung, Steuerung und Überwachung der Produktionsabläufe und berücksichtigt die Mengen-, Termin- und Kapazitätsaspekte. Sie erzeugt nach der Verfügbarkeitsprüfung notwendiger Ressourcen Fertigungs- und Bestellaufträge. Neben der Arbeitssteuerung ist ebenso die Arbeitsplanung der Arbeitsvorbereitung untergliedert. Die Arbeitsplanung beschreibt das Fertigungsverfahren welches festlegt, mit welchen Fertigungsmitteln und Werkstoffen ein Fertigungsteil hergestellt wird. In einem Arbeitsplan ist die Transformation des Teils vom Rohzustand zum Fertigungszustand erläutert. Zwischen der Arbeitsvorbereitung und der Entwicklung/ Konstruktion existiert ein produktbezogener, technischer Informationsfluss. Die Aufgabe der Entwickler ist die Konkretisierung des Produkts und der zugehörigen Funktionsnachweise. Zwischen der Arbeitsvorbereitung und dem Einkauf liegt demgegenüber ein auftragsbezogener dispositiver Informationsfluss vor. Der Einkauf ist zuständig für die termingerechte Beschaffung von Materialien und Ressourcen. Die dazu nötigen Informationen sind in den Bestellaufträgen enthalten, die wiederum von der Arbeitssteuerung erstellt werden. Die Fertigungsaufträge der Arbeitssteuerung werden der Fertigungssteuerung übergeben. Die Fertigungssteuerung koordiniert die Fertigung, die die Teilefertigung sowie die Montage als grundlegende Funktionsbereiche aufweist. Der Materialfluss wird durch die Fertigungssteuerung gestaltet. Eine weitere Aufgabe der Fertigungssteuerung ist die Steuerung und Überwachung der einzelnen Funktionsbereiche innerhalb der Fertigung, um mögliche Störungen frühzeitig erkennen zu können. Die Qualitätssicherung gilt als Querschnittsfunktion, die ihr Augenmerk auf Qualitätsplanung, -kontrolle und -lenkung legt. Der Service wird unter anderem als Post Sales Support bezeichnet und umfasst die Installation, Inbetriebnahme, Wartung und das Ersatzteilwesen [GP14, S.17ff.] .

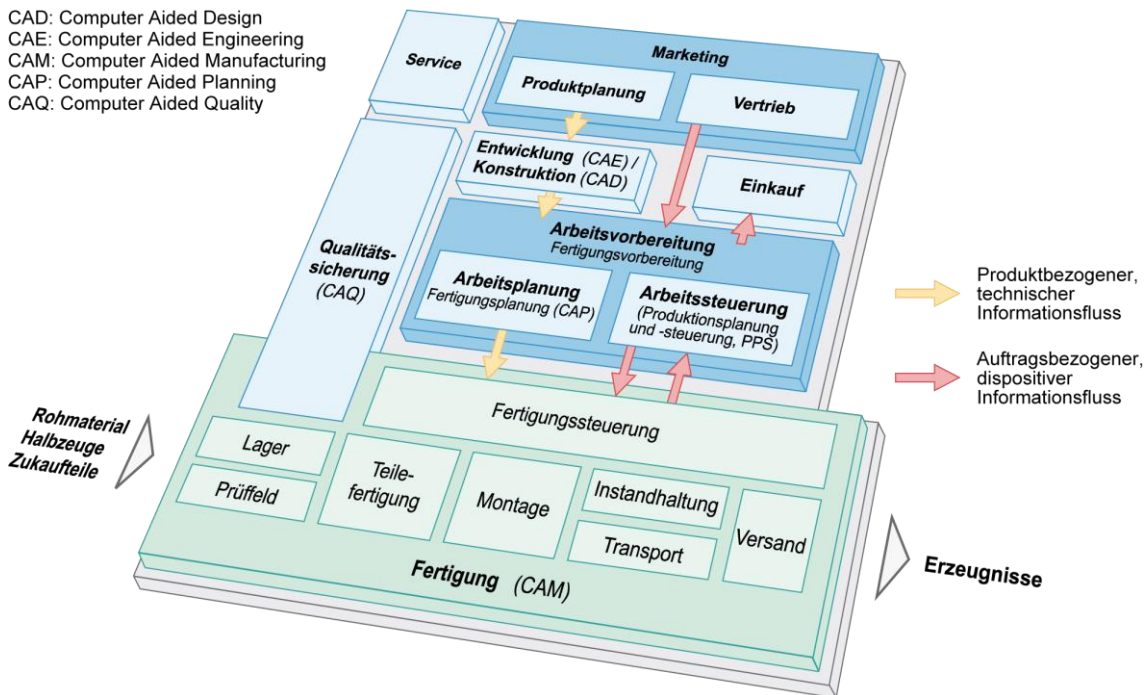


Bild 3-25: Funktionale Struktur eines produzierenden Unternehmens nach GAUSEMEIER ET AL. [GP14, S. 17]

Beurteilung: GAUSEMEIER ET AL. präsentieren ein generisches Modell zur Beschreibung eines produzierenden Unternehmens. Dieses untergliedert das Unternehmen in verschiedene Funktionsbereiche und zeigt die produkt- und auftragsbezogenen Informationsflüsse zwischen diesen auf. Es wird nicht auf weitere Partner und externe Funktionsbereiche eingegangen. Die wertschöpfenden Funktionsbereiche können jedoch leicht auf ein Wertschöpfungssystem adaptiert werden. Im Rahmen dieser Arbeit ist zu überprüfen, ob das Modell um Aspekte eines Wertschöpfungsnetzwerks erweitert werden kann, oder ob die wesentlichen Bereiche für ein neues Schema zur Spezifikation der Wertschöpfung übernommen werden können.

3.4 Bewertung und Handlungsbedarf

In diesem Kapitel wurde jeder der beschriebenen Ansätze anhand der in Abschnitt 2.6 abgeleiteten Anforderungen individuell bewertet. Eine zusätzliche Bewertung erfolgt je Anforderung, diese ist in Bild 3-26 zusammenfassend dargestellt ist.

A1) Gestaltung der hybriden Wertschöpfung: Geeignete Anhaltspunkte liefern sowohl Ansätze zur Analyse und Modellierung als auch zur Gestaltung der Wertschöpfung. Insbesondere die Ansätze der Forschungsprojekte *FlexNet* und *Serv.Biz* stellen dabei die Kombination aus Produkt und Dienstleistung in den Fokus der Gestaltung. Die präsentierten Methoden zur Analyse und Modellierung dienen in erster Linie als unterstützende Ansätze und verfügen nicht über ein geeignetes Vorgehen. Die weiteren Ansätze greifen Teilaspekte auf, sie haben jedoch andere Schwerpunkte. Als Beispiel sei *der Business*

Engineering Navigator nach WINTER genannt, dessen Fokus insbesondere auf IT-Systemen liegt.

A2) Orientierung an dem Handlungsrahmen der zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung

Der Großteil der vorgestellten Ansätze führt die Anpassung und Gestaltung der Wertschöpfung nicht auf eine Strategie oder das Geschäftsmodell zurück. Lediglich die dem Business Engineering nahestehenden Ansätze nach WINTER, KISKI, KOUSHIK und STRAETEN sowie das Forschungsprojekt *FlexNet* und die Roadmap für die digitale Transformation von Geschäftsmodellen nach SCHALLMO folgen diesem Ansatz in Teilen und gehen von der Strategie bzw. dem Geschäftsmodell als Ausgangspunkt von Veränderungen aus. Konsequenterweise wird er jedoch nur von WINTER und SCHALLMO verfolgt.

A3) Berücksichtigung bestehender Wertschöpfung

Die Berücksichtigung der historisch gewachsenen Wertschöpfung lässt sich vor allem mit Ansätzen zur Analyse der Wertschöpfung realisieren. Dafür eignen sich in erster Linie das Supply-Chain-Operations-Reference Modell und die Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI. Beide erlauben eine strukturierte Aufnahme der vorhandenen Wertschöpfung, haben den Fokus jedoch auf den physischen Leistungserstellungsprozessen. Weitere Ansätze zur Gestaltung der Wertschöpfung berücksichtigen die bestehende Wertschöpfung nur beiläufig. Ein Gestaltungsansatz, der die gesamte bestehende Wertschöpfung berücksichtigt, existiert nicht. Dies ist in der zu entwickelnden Systematik aufzugreifen.

A4) Berücksichtigung von Anforderungen der zukünftigen Marktleistung

SCHALLMO stellt das Geschäftsmodell und damit die zukünftige Marktleistung in das Zentrum seines Ansatzes zur digitalen Transformation. Die weiteren Ansätze betrachten zwar zum Teil die zukünftige Marktleistung, die Gestaltung der Wertschöpfung geht jedoch nicht von dieser aus. Die Ansätze nach ANDERL und WESTERMANN beschreiben am ehesten die Marktleistung und deren Funktionen und können als Grundlage zur Anpassung der zugehörigen Wertschöpfungsprozesse dienen. Davon ausgehend ist im Rahmen dieser Systematik eine Unterstützung zur Gestaltung der Wertschöpfung auf Grundlage der zukünftigen Marktleistung zu entwickeln.

A5) Identifikation von Wechselwirkungen zwischen den Bereichen

Die Beziehungen zwischen unterschiedlichen Bereichen der Wertschöpfung wird von keinem Ansatz zur Gestaltung der Wertschöpfung ausreichend untersucht. Deren Analyse wird ebenfalls nicht unterstützt. Die bestehenden Methoden zur Analyse der Auswirkungen liefern jedoch wichtige Aspekte für die Systematik. So eignen sich der Ansatz nach GAUSEMEIER sowie der Ansatz nach LINDEMANN zur Identifikation der Wechselwirkungen. AHSEN ET AL. setzen die Auswirkungen in einen direkten Bezug zur Wertschöpfung,

eine systematische Herleitung der Auswirkungen geschieht hier jedoch nicht. Die genannten Ansätze sind in der zu entwickelnden Systematik aufzugreifen und anzupassen bzw. zu erweitern.

A6) Interdisziplinarität und allgemeine Verständlichkeit

Diese Anforderung wird von fast allen Ansätzen aus dem Bereich der Gestaltung der Wertschöpfung zumindest in Teilen erfüllt. Bei der Entwicklung der Systematik sind die angeführten Ansätze zu berücksichtigen und für den Einsatz anzupassen. Hierdurch kann eine effiziente Handhabung der Systematik, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen, sichergestellt werden.

A7) Analyse und Einsatz erfolgreicher Lösungen

Die zu erarbeitende Systematik soll kleine und mittlere Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus bei der schnellen und effizienten Anpassung der Wertschöpfung unterstützen. Die Berücksichtigung erfolgreicher Referenzlösungen ist dabei hilfreich. Diese Anforderung wird im vollen Maß von dem Forschungsprojekt *FlexNet* erfüllt. Die Schwerpunkte liegen aber in anderen Bereiche. Sinnvolle Aspekte der Ansätze, u.a. die Dokumentation von Lösungswissen wie im Projekt *FlexNet*, sind für die zu entwickelnde Systematik sind auf Tauglichkeit zu prüfen und ggf. zu integrieren.

A8) Strukturierungsrahmen für hybride Wertschöpfung

Die untersuchten Ansätze erfüllen die Anforderungen hinsichtlich eines Strukturierungsrahmens für hybride Wertschöpfung gar nicht oder nur teilweise. PORTER UND HEPPELMANN nähern sich mit der Technologischen Infrastruktur einem Strukturierungsrahmen, eine Betrachtung der Wertschöpfung bleibt jedoch aus. Ausgehend von diesem Sachverhalt ist im Zuge dieser Systematik ein Rahmen zu entwickeln, der Unternehmen bei der strukturierten Analyse und Anpassung der Wertschöpfung unterstützt.

A9) Systematisches Vorgehen

Die meisten der vorgestellten Ansätze bieten zwar eine systematische und reproduzierbare Vorgehensweise, decken dabei aber nur Teilaspekte der Gestaltung und Anpassung der Wertschöpfung ab. Eine umfassende Vorgehensweise existiert nicht. Darüber hinaus ist die Praktikabilität einiger Ansätze auf Grund ihrer Komplexität zweifelhaft.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass keiner der untersuchten Ansätze alle Anforderungen aus Abschnitt 2.6 vollständig erfüllt. Auch eine triviale Kombination der Ansätze wird den Anforderungen nicht im vollen Umfang gerecht. Entscheidende Defizite sind die Berücksichtigung der bestehenden Wertschöpfung sowie der bestehenden Marktleistung. Weder finden die Wechselwirkungen zwischen den Bereichen Berücksichtigung bei der Gestaltung der Wertschöpfung, noch steht ein geeigneter Strukturierungsrahmen für die zukünftige Wertschöpfung bereit. Es besteht Handlungsbedarf, eine

Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen zu entwickeln.




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)								
		Gestaltung der hybriden Wertschöpfung	Einord. in die zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung	Berücksichtigung bestehender Wertschöpfung	Berücksichtigung der zukünftigen Marktleistung	Identifikation von Wechselwirkungen zwischen d. Bereichen	Interdisziplinarität und allgemeine Verständlichkeit	Analyse und Einsatz erfolgreicher Lösungen	Strukturierungsrahmen für hybride Wertschöpfung	Systematisches Vorgehen
Ansätze zur Analyse der Wertschöpfung		Supply-Chain-Operations-Reference Model (SCOR)								
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)								
		Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI								
		Service-Blueprinting								
Ansätze zur Analyse von Auswirkungen		Multidimensionale Skalierung nach BACKHAUS								
		Analyse des systematischen Verhaltens nach GAUSEMEIER ET AL.								
		Assoziationsanalyse								
		Strukturelles Komplexitätsmanagement nach LINDEMANN ET AL.								
		Auswirkungsanalyse nach AHSEN ET AL.								
Ansätze zur Gestaltung der Wertschöpfung (WS)	Business Engineering	Business Engineering Navigator (BEN) nach WINTER								
		Transformation von Unternehmen in die digitale vernetzte Welt nach KISKI								
		Strategische Roadmap nach KOUSHIK UND STRAETEN								
	WS - Transformation	Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke (FlexNet)								
		Business Transformation für hybride Wertschöpfungsnetzwerke (Serv.Biz)								
		Wissensorientierte Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken nach RITSCH								
	Digitale Transformation	Roadmap für die Digitale Transformation von Geschäftsmodellen nach SCHALLMO								
		Analyse und Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken nach BACH								
		Vorgehen zur Entwicklung von Industrie 4.0-Einführungsstrategien nach MERZ UND SIEPMANN								
		Werkzeugkasten Industrie 4.0 nach ANDERL								
		Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical nach WESTERMANN								
		Technologische Infrastruktur nach PORTER UND HEPPELMANN								
		Struktur produzierender Unternehmen nach GAUSEMEIER								

Bild 3-26: Bewertung des untersuchten Stands der Technik anhand der Anforderung

4 Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung

Dieses Kapitel beschreibt die *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen*. Die Analyse des Standes der Technik verdeutlicht, dass es gegenwärtig an einem ganzheitlichen Ansatz zur Gestaltung der Wertschöpfung fehlt (siehe Abschnitt 3.4). Die entwickelte Systematik hat den Anspruch, dem dargestellten Handlungsbedarf aus der Problemanalyse gerecht zu werden und die Anforderungen zu erfüllen (siehe Abschnitt 2.6).

Abschnitt 4.1 gibt einen Überblick über die einzelnen Systematik und ihre Bestandteile. Ausgangspunkt sind dabei die zukünftige Marktleistung und die Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung. Diese wird in Abschnitt 4.2 vorgestellt. Sich verändernde Marktleistungen haben unterschiedliche Auswirkungen auf bestehende Wertschöpfungsstrukturen von Unternehmen. Gegenstand von Abschnitt 4.3 ist daher ein Vorgehen zur Identifikation der betroffenen Wertschöpfungsbereiche. Dies geschieht auf der Grundlage von sogenannten Transformationstreibern und deren Ausprägungen. Die in Abschnitt 4.4 vorgestellten Hilfsmittel zur Umsetzung unterstützen den Anwender bei der Identifikation von Umsetzungspfaden zur Gestaltung der Wertschöpfung und stellen vorhandenen Referenzlösungen zur Transformation bereit. Abschließend präsentiert Abschnitt 4.5 ein Vorgehensmodell, das die Gestaltung der Wertschöpfung unterstützt.

4.1 Systematik im Überblick

Die Systematik soll dem aufgezeigten Handlungsbedarf gerecht zu werden, jedoch nicht eine Blaupause für jedweden Transformationsprozess liefern. Stattdessen unterstützt die Systematik beteiligte Fachleute bei der Gestaltung der bestehenden Wertschöpfung, indem sie geeignete Hilfsmittel und Vorgehensmodelle bereitstellt und deren Anwendung beschreibt. Sie besteht aus vier wesentlichen Bestandteilen, die im Folgenden vorgestellt werden (siehe Bild 4-1):

- Die Basis der Systematik bildet die **Wertschöpfungsstruktur**. Sie stellt das generische Abbild eines Wertschöpfungssystems dar und ist allgemeingültig für produzierende Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus. Die Struktur soll als idealtypisches Modell dienen und spannt den Entwurfsraum des zukünftigen Wertschöpfungssystems auf. Zur Unterstützung der Analyse des Ist-Zustandes umfasst die Struktur vier Dimensionen der Wertschöpfung und stellt Hilfestellungen zu deren Analyse und Gestaltung bereit. Sie bildet damit den Ausgangspunkt der Systematik. Im Sinne einer hybriden Wertschöpfung wird die zu erbringende Marktleistung in dieser Arbeit zu der Wertschöpfungsstruktur gezählt. Die Beschreibung der zukünftig anzubietenden Marktleistung unterstützt zudem die Auswahl des Umsetzungspfades.

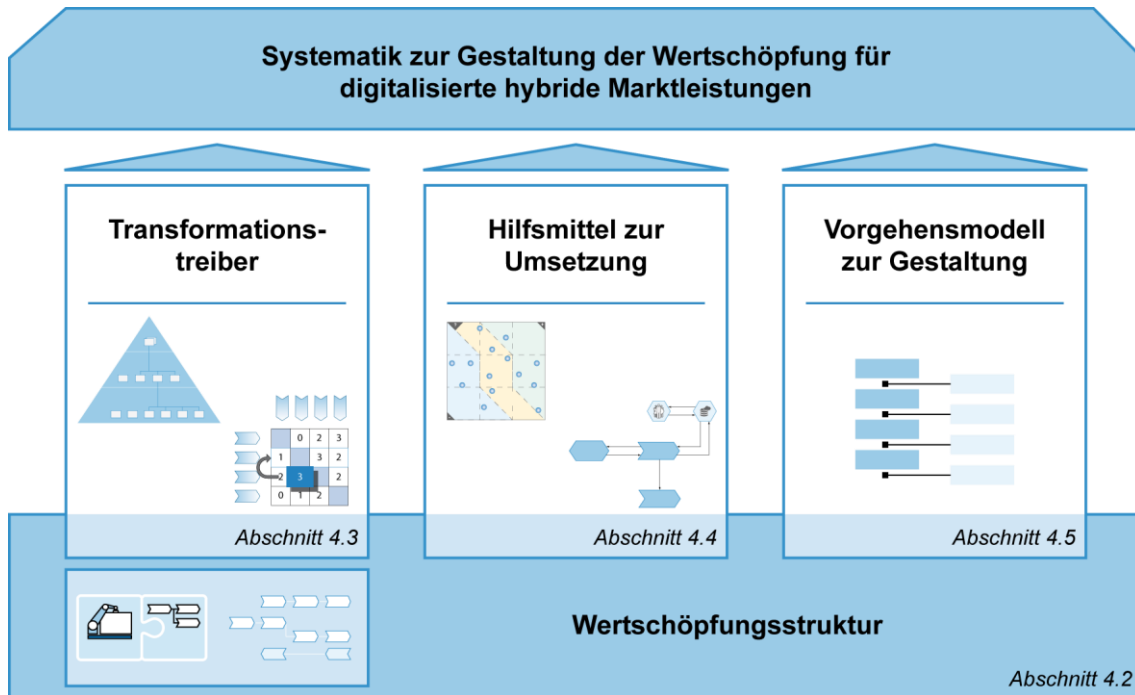


Bild 4-1: Übersicht über die Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen

- **Transformationstreiber** und ihre Ausprägungen sind die wertschöpfungsseitige, technologieinduzierte Sicht der Marktleistung. Sie beschreiben Aktivitäten, die zur Realisierung der Marktleistung im Wertschöpfungssystem erfolgen müssen. Deren Umsetzung in einem Wertschöpfungssystem ist der Auslöser für die Veränderungen der bestehenden Wertschöpfung. Die Auswahl unterschiedlicher Ausprägungen der Transformationstreiber ist die Grundlage für die Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfung.
- **Hilfsmittel zur Umsetzung** unterstützen den Anwender bei der Auswahl und Realisierung eines geeigneten Umsetzungspfads, um zukünftig hybride Marktleistungen in dem Wertschöpfungssystem erbringen zu können. Sie dienen dazu, Umsetzungspfade zu erkennen und zu erstellen, Referenzlösungen zu identifizieren und diese zu dokumentieren.
- Das **Vorgehensmodell zur Gestaltung der Wertschöpfung** beschreibt detailliert die durchzuführenden Tätigkeiten und weist den einzelnen Schritten die entsprechenden Hilfsmittel zu. Es reicht von der Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung bis zur Gestaltungsplanung und dient als Leitfaden, speziell für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus.

Aufbauend auf der Beschreibung der Systematik und seiner einzelnen Bestandteile wird in Kapitel 5 deren Anwendung vorgestellt. Anhand eines konkreten Beispiels werden dazu die einzelnen Phasen des Vorgehensmodelles durchlaufen.

4.2 Wertschöpfungsstruktur

Wertschöpfungssysteme sollen nicht von Grund auf neu gestaltet werden. Prozesse, Aktivitäten und Strukturen sind historisch gewachsen und insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen fehlt es an Ressourcen neue Strukturen zu erstellen. Die originäre Wertschöpfung stellt auch weiterhin die Grundlage der zukünftigen Wertschöpfung und damit der Leistungserbringung dar, muss jedoch adaptiert werden (siehe Bild 4-2). Ein wichtiger Aspekt ist daher die Spezifikation der zukünftigen Marktleistung und der originären Wertschöpfung. Die Marktleistung stellt **Anforderungen** an die Wertschöpfung. Beispielsweise erfordern zukünftige Marktleistungen Kommunikationssysteme die durch die Wertschöpfungsstruktur bereitgestellt werden muss. Weitere Anforderungen sind u.a. Servicesysteme in Unternehmen die die **Grundlage** für die Erbringung der Marktleistung darstellen (siehe [MSG+17, S. 41f.]). Das Wechselspiel zwischen der zukünftigen hybride Marktleistung und der Wertschöpfung ist dem uno-actu-Prinzip geschuldet, der Gleichzeitigkeit von Produktion und Verbrauch [KNP16, S. 123]. Die Marktleistung wird immer mehr Teil des Wertschöpfungssystems und stellt entsprechende Anforderungen an die Ausgestaltung. Beides, die zukünftige Marktleistung und die originäre Wertschöpfungsstruktur bilden die Wertschöpfungsstruktur und werden im Folgenden erläutert.

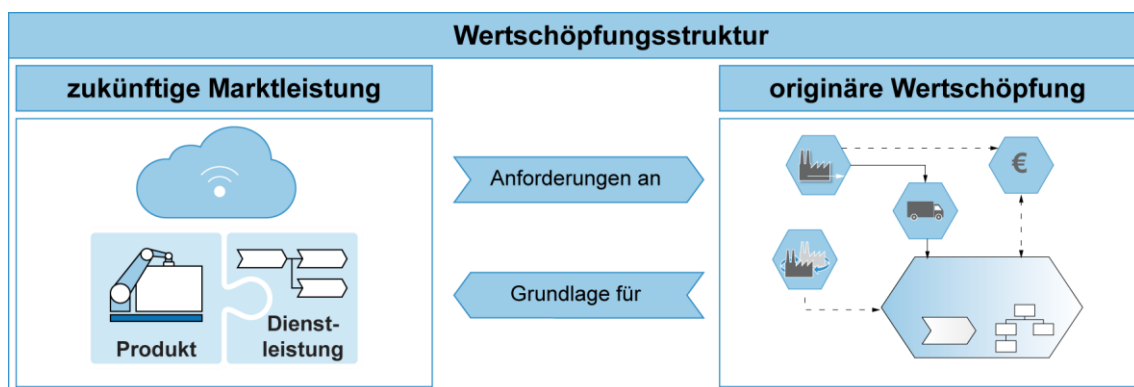


Bild 4-2: Wechselspiel zwischen zukünftiger Marktleistung und der originären Wertschöpfung

4.2.1 Spezifikation der zukünftigen Marktleistung

Die Kombination intelligenter vernetzter Produkte mit über den Lebenszyklus ergänzenden, häufig Daten-basierten, Dienstleistungen stellen die in der Systematik betrachteten digitalisierten hybriden Marktleistungen dar. Gegenwärtig stehen insbesondere die Daten-basierten oder auch digitalen Services – sog. Smart Services – im Fokus der Unternehmen [HUB15]. Diese beruhen auf der Auswertung großer Datenmengen, die von intelligenten, kommunikationsfähigen Maschinen und Anlagen bereitgestellt werden (vgl. Abschnitt 2.2.3). Die Planung und Konzipierung dieser Marktleistungen wurde bereits

von unterschiedlichen Autoren adressiert¹. Sie steht nicht im Fokus dieser Arbeit und wird daher nicht weiter betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass die Marktleistung bereits spezifiziert wurde. Ziel der Analyse der zukünftigen Marktleistung ist die Kenntnis über die wesentlichen Aspekte und Anforderungen, die für die Gestaltung der Wertschöpfung relevant sind. Dazu zählen die Möglichkeit, den Betrachtungsgegenstand im Wertschöpfungssystem einzugrenzen sowie notwendige Informationen zur späteren Ausgestaltung eines Umsetzungspfades. In der Literatur gibt es eine Vielzahl an Verfahren, Geschäftsideen und Marktleistungen zu dokumentieren². Diese wurden zum Teil aufgegriffen, um einen einheitlichen Steckbrief zu erstellen, welcher als Input-Lieferant für die Systematik dienen kann (siehe Bild 4-3).

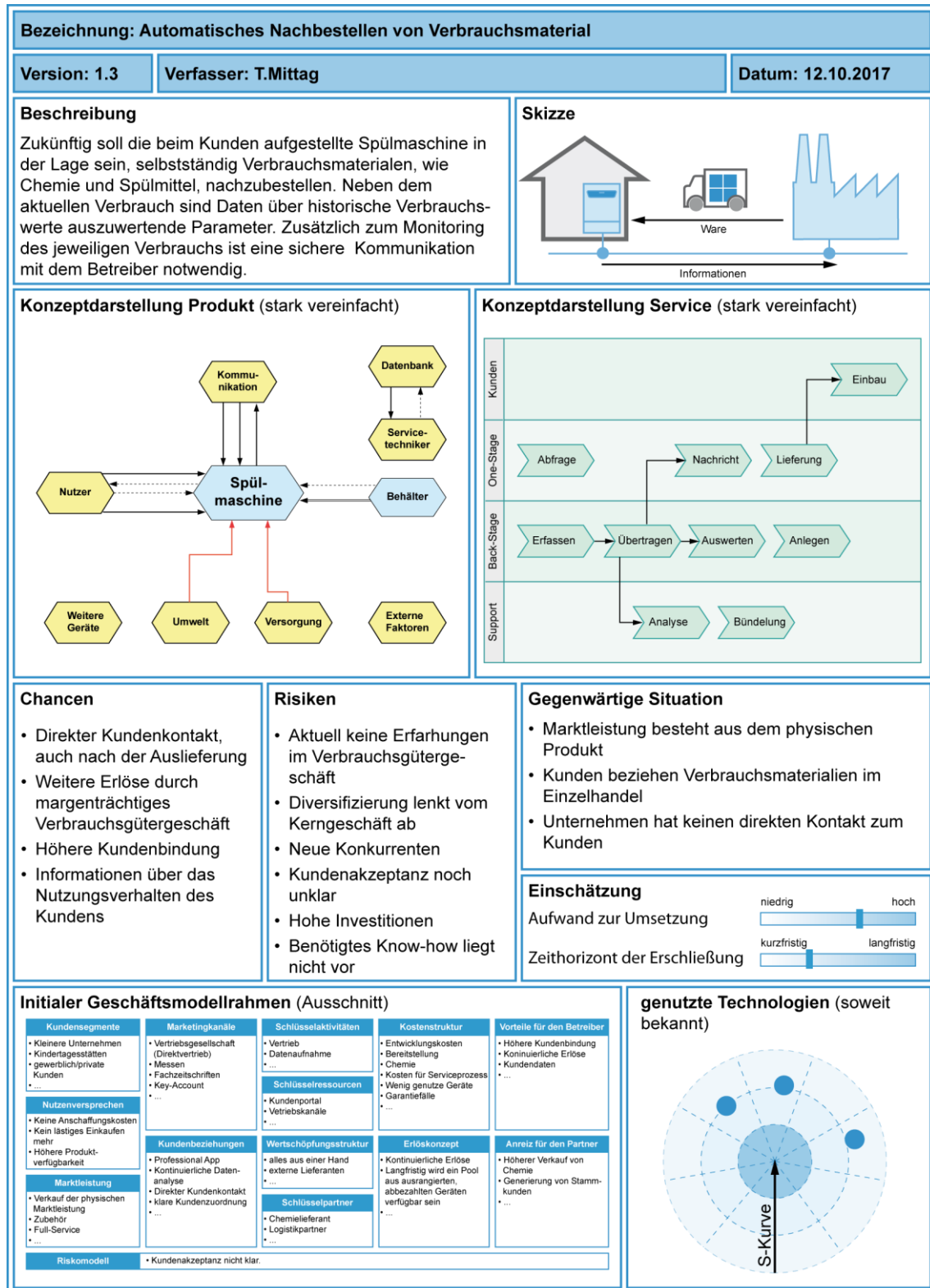
Aspekte des Steckbriefs sind eine textuelle **Beschreibung** der zukünftigen Marktleistung, welche die grundlegenden Informationen umfasst. Dazu gehören z.B. beteiligte Partner und die zugrunde liegende Geschäftsidee. Ergänzt wird die Beschreibung durch eine **Skizze**, welche die grundlegenden Wirkzusammenhänge zwischen den beteiligten Partnern visualisiert. Kern des Steckbriefs bilden die **Konzeptdarstellungen** der Marktleistung und der initiale Geschäftsmodellrahmen. Die Konzeptdarstellung unterteilt sich in die des Produktes und die des Services. Basis für einen Smart Service ist ein intelligentes mechatronisches System. Dieses führt Services vollständig oder teilweise automatisiert aus und bildet die Hardware-Basis. Zur Spezifizierung und modell-basierten Darstellung der Konzepte wird die Modellierungssprache CONSENS³ benutzt [Kai14]. Das Servicekonzept ist ein Prozess mit zugehörigen ausführenden Ressourcen, welche mit entsprechenden Methoden dargestellt werden können. Hierzu eignen sich insb. Methoden zur Geschäftsprozessmodellierung, welche eine Darstellung von dynamischen Leistungserstellungsprozessen ermöglichen [MSG+17]. Eine geeignete Methode zur Darstellung der Kundenschnittstellen ist das Service Blueprinting (siehe Abschnitt 3.1.4.), welches im Steckbrief Anwendung findet.

Bereits identifizierte **Chancen** und **Risiken** der Marktleistung werden ebenfalls erfasst und in den Steckbrief aufgenommen. Diese unterstützen eine spätere Priorisierung und Auswahl von möglichen Lösungen in der Umsetzungsplanung. Die **gegenwärtige Situation** beschreibt den aktuellen Stand der Umsetzung der Marktleistung im Unternehmen, sowie Informationen über die aktuelle Geschäftslogik in dem betrachteten Bereich. Darauf aufbauend kann eine erste **Einschätzung** des Aufwandes sowie bzgl. des Zeithorizontes der Umsetzung getroffen werden.

¹ vgl. AMSHOFF, KÖSTER und GAUSEMEIER ET AL. (siehe [Ams16], [Kös14], [GWE+17])

² u.a. OSTERWALDER UND PIGNEUR [OP13] oder KÖSTER [Kös14]

³ CONSENS (CONceptual design Specification technique for the ENgineering of complex Systems) ist eine Spezifikationstechnik für die Beschreibung von Prinzipiellösungen fortgeschrittener mechatronischer Systeme. Deren Ziel ist die ganzheitliche und disziplinübergreifende Beschreibung des Systemmodells für mechatronische Systeme (siehe [GFD+08a],[GFD+08b], [GLL12])

Bild 4-3: Steckbrief zur Beschreibung zukünftiger Marktleistungen⁴⁴ Der stark verkleinerte initiale Geschäftsmodellrahmen ist im Anhang Bild A-2 dargestellt.

Der **initiale Geschäftsmodellrahmen**⁵ enthält grundlegende Informationen über das geplante Geschäftsmodell. Zur Darstellung wird eine modifizierte Form der Struktur nach KÖSTER verwendet [Kös14, S. 97], welche im Verbundprojekt GEMINI erarbeitet wurde [GWE+17, S. 27]. Sie umfasst die Partialmodelle Angebots-, Kunden-, Wertschöpfungs-, Finanz-, Anreiz- und Risikomodell. Abschließend werden **genutzte Technologien** aufgenommen, sollten diese bereits bekannt sein. Als Hilfsmittel kann bspw. ein Technologierader genutzt werden (siehe [GWE+17, S. 19]).

Die in dem Steckbrief gesammelten Informationen unterstützen zum einem bei der Eingrenzung des Betrachtungsgegenstandes der Wertschöpfung, zum anderen bei der späteren Auswahl entsprechender Umsetzungspfade. Er kann als Übergabedokument zwischen der strategischen Planung und Konzipierung von zukünftigen Marktleistungen und der proaktiven Veränderung des Wertschöpfungssystems angesehen werden (siehe [MSG+17, S. 4]).

4.2.2 Spezifikation der originären Wertschöpfung

Die originäre Wertschöpfung eines Unternehmens umfasst neben der technischen Ausstattung spezifizierte Leistungserstellungsprozesse, ein Partner- und Lieferantennetzwerk mit zugehörigen Beziehungen und Wechselwirkungen sowie die eigentliche Unternehmensstruktur. Sie bildet den Ausgangspunkt für jedwede Anpassung infolge einer Veränderung der Marktleistung. Die Spezifikation soll die aktuellen Gegebenheiten und damit die Ist-Situation darstellen. Dabei kommt es insbesondere darauf an, Konsens über die Unternehmenssituation und den sich ergebenden Handlungsbedarf zu erzielen. Sie dient auch der Eingrenzung des Gestaltungs- oder Anpassungsraums. Die Wertschöpfungsstrukturen von Unternehmen sind im Vergleich oft heterogen zu einander und lassen sich nur schwierig mit einem wiederkehrenden Schema auf einer detaillierten Ebene abbilden und analysieren. Die einzelnen Bereiche ähneln sich auf einer höheren Abstraktionsebene, jedoch gibt es prägnante Unterschiede in den individuellen Ausprägungen. Eine allgemeingültige und vergleichbare Spezifikation kann daher nur auf der höheren Abstraktionsebene erfolgen und ist somit ein Ziel dieser Arbeit. Zusätzlich werden Beispiele für die individuellen Ausprägungen genannt. Diese können auf Grund ihrer Vielfalt nicht immer als vollständig angesehen werden. Sie bilden jedoch eine Grundlage zur Spezifikation der Wertschöpfung. Im Sinne von hybriden Unternehmen erfolgt die Spezifikation der Wertschöpfung in verschiedenen Dimensionen. Diese sind die Netzwerk-, die Digitale-, die Prozess- und die Organisatorische Dimension (siehe Bild 4-4). Die Prozess- und Organisatorische Dimension haben Ihren Ursprung in der Wertkette nach Porter. Die Netzwerk- und die Digitale-Dimension erweitern diese um Unternehmensübergreifende

⁵ Eine Erläuterung zum Geschäftsmodellrahmen befindet sich im Anhang (siehe Anhang A2.1)

und nicht physische Aspekte. In Ihrer Gesamtheit bilden Sie ein hybrides Wertschöpfungssystem ab. Die Dimensionen verfügen über jeweils unterschiedliche Ausprägungen und werden im Folgenden erläutert.

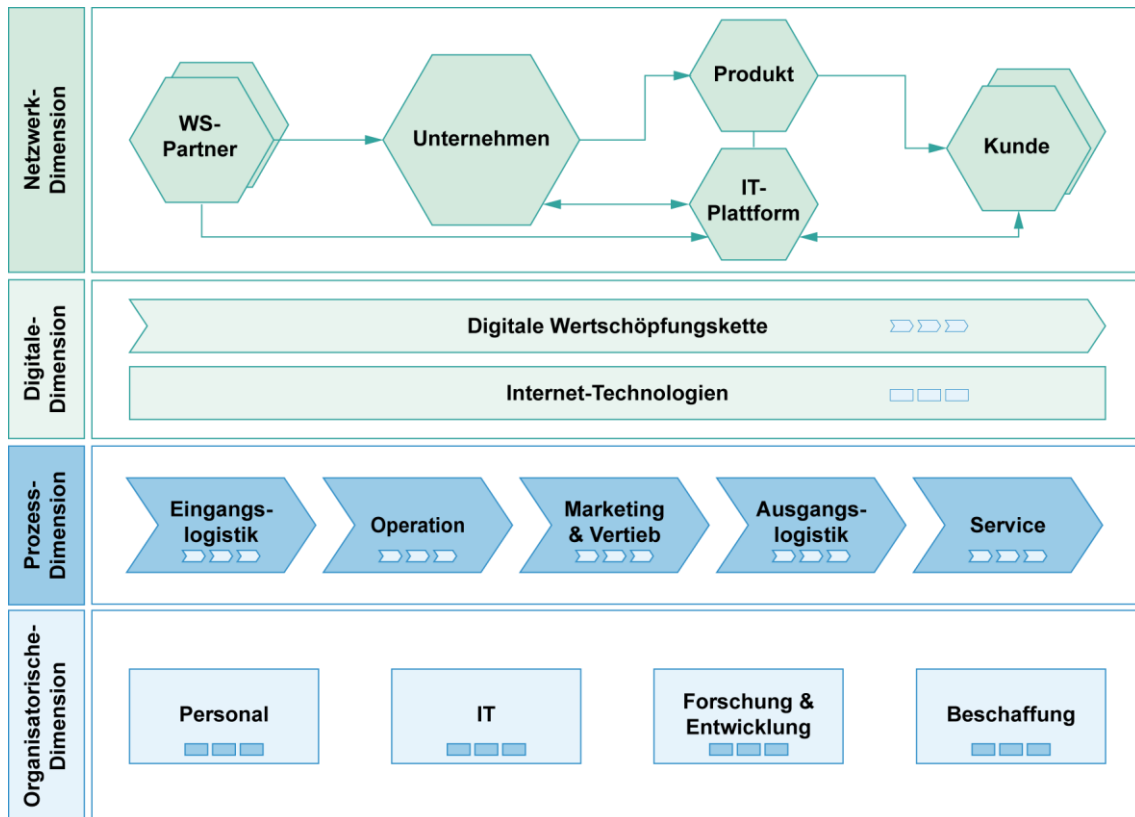


Bild 4-4: Relevante Dimensionen der Wertschöpfung im Hinblick auf die Digitalisierung der Wertschöpfung

4.2.2.1 Netzwerk-Dimension

Die Netzwerk-Dimension umfasst insbesondere Objekte, welche nicht direkt dem Unternehmen zuzuordnen sind. Dies sind beispielsweise unterschiedliche Partner oder auch digitale Plattformen. Diese befinden sich in der Mehrzahl außerhalb der Unternehmensgrenzen. Der Einfluss des betrachteten Unternehmens auf diese Objekte ist deshalb in der Regel nicht sehr hoch, mit Ausnahme der Ausgestaltung der Beziehungen zu diesen. Die Kernelemente der Netzwerkdimension werden im Folgenden Organisationseinheiten genannt und unterteilen sich in Wertschöpfungspartner, das Unternehmen, das Produkt, die IT-Plattform und den Kunden.

Wertschöpfungspartner sind sämtliche Unternehmen, die an der Werterstellung beteiligt sind. Die Kernkompetenz eines Partners determiniert seine Ausprägung. Dazu gehören u.a. Ressourcen-, Komponenten-, Wissens- oder Verbrauchsmittellieferanten (siehe [Kös12, S. A-35]). Meistens bestehen mit diesen Partnern bereits langfristige Lieferverträge, die auch bei der Erstellung zukünftiger Marktleistungen weiter genutzt werden sollen. Zu den Wertschöpfungspartnern zählen weiterhin Abrechnungsdienstleister oder

auch sogenannte Crowd-Worker⁶. Das **Unternehmen** stellt die betrachtete Einheit in einem Wertschöpfungssystem dar und wird daher diesem zugeordnet. Die Rolle eines Unternehmens im Netzwerk kann sehr verschieden sein. Diese reicht von der reinen Orchestrierung der Tätigkeiten bis zur Übernahme sämtlicher Funktionen. Dem Unternehmen sind solche Aktivitäten zugeordnet, die sich nicht auf einzelne Bereiche, sondern auf das gesamte Unternehmen und deren Infrastruktur beziehen, wie etwa Geschäftsführung oder Rechnungswesen [Oeh10, S. 141]. Das **Produkt** oder die Marktleistung ist im Sinne einer hybriden Wertschöpfung Teil des Wertschöpfungssystems. Die erbrachte Leistung und der wahrnehmbare Nutzen werden während der Nutzung erbracht. Eine Lagerung der Service-Leistung findet nicht mehr statt (siehe Abschnitt 2.3.2). Die Analyse der Marktleistung wurde bereits in Abschnitt 4.2.1 beschrieben. Das Produkt ist an dieser Stelle nur der Vollständigkeit wegen aufgeführt. Das Vorhandensein einer **IT-Plattform** spielt insbesondere bei hybriden Marktleistungen eine elementare Rolle. Sie ermöglicht die Verknüpfung und Kommunikation von CPS. Die Plattform dient als Intermediär zwischen den unterschiedlichen an der Wertschöpfung beteiligten Akteuren. Dazu zählen u. a. das Unternehmen, die Wertschöpfungspartner, die Marktleistung⁷ und auch der Kunde. Da Plattformen in der Regel von externen Dienstleistern bereitgestellt werden, ist sie der Netzwerk-Dimension zuzuordnen. Der **Kunde** ist der Empfänger der Marktleistung. Dieser wird über verschiedene Kanäle in unterschiedlichen Zyklen vom Unternehmen kontaktiert. Durch die Nutzung von digitalisierten Marktleistungen wird er mehr und mehr Teil des Wertschöpfungssystems und erbringt zum Teil eigene wertschöpfende Tätigkeiten. Die aufgezeigten Organisationseinheiten lassen sich auf diesem Abstraktionsgrad in einer Vielzahl von Unternehmen vorfinden.

Die Ausgestaltung erfolgt jedoch sehr individuell und sollte vor der Adaption der Wertschöpfung detaillierter untersucht werden. Sogenannte Variable stellen die zweite Ebene der Analyse dar. Diese können, je nach Unternehmen, unterschiedlich ausgestaltet werden. Bild 4-5 zeigt einen Auszug aus möglichen Netzwerkvariablen und deren beispielhafte Ausprägungen. Die gesamten Netzwerkvariablen und Ausprägungen sind im Anhang vollständig abgebildet (siehe Bild A-4).

Die Netzwerkvariablen helfen bei der Analyse und Charakterisierung der Netzwerkdimension. Die Organisationseinheit **Wertschöpfungspartner** lässt sich beispielsweise über die jeweilige *Kernkompetenz der Partner*, die *Art der Beziehung* zwischen Unter-

⁶ Crowd-Worker sind Freiberufler, denen bestimmte fragmentierte Arbeitsaufgaben übergeben werden können

⁷ Das **Produkt** oder die **Marktleistung** ist im Sinne einer hybriden Wertschöpfung Teil des Wertschöpfungssystems. Die Leistung und der wahrnehmbare Nutzen werden während der Nutzungsphase erbracht. Eine Lagerung der Service-Leistung findet nicht statt (siehe Abschnitt 2.3.2). Die Analyse der Marktleistung wurde bereits in Abschnitt 4.2.1 beschrieben. Das Produkt ist an dieser Stelle nur wegen der Vollständigkeit aufgeführt.

nehmen und Partner sowie die *Intensität der WS-Partnerkooperation* genauer beschreiben und analysieren. Zugehörige Ausprägungen zur Variablen *Art der Beziehung* sind Informationsfluss, Geldfluss und Leistungsfluss [GWE+17, S. 69].

		Netzwerkvariable	Ausprägung (Beispiele)
Organisationseinheit	Wertschöpfungspartner	Kernkompetenz der Partner Beschreibt die Fähigkeiten und materiellen und immateriellen Ressourcen des Partners	Lieferant (Ressourcen-, Komponenten-, Wissens- oder Verbrauchsmittel), Dienstleister, Logistiker, Cowdworker (siehe [Kös12, S. A-35])
		Art der Beziehung Spezifiziert die Interaktionsbeziehungen mit dem Partner	Informationsfluss, Geldfluss, Leistungsfluss (siehe [GEW+17, S.69], [Sch18, S. 115])
		Richtung der Kooperation Beschreibt die Ebene der Kooperation	horizontal, vertikal, Diagonal (siehe [Hag04, S. 11], [Jan10, S. 11ff.])
		Weitere: Umfang des Netzwerkes, Koordinationsrichtung, Flexibilität, etc.	
	Unternehmen	Wertschöpfungsrolle Beschreibt die Position des Unternehmens im bestehenden Wertschöpfungsnetzwerk	Orchestrator, Layer Player, Market Maker, Integrator (siehe [BBB+12, S. 103 f.], [Kne03, S. 41])
		Standortstruktur Beschreibt die Organisation, das Umfeld des Standortes oder der verschiedenen Standorte	Anzahl der Standorte, Werksstruktur eines Standortes, etc.
		Weitere: Unternehmensorganisation, Art des Unternehmens, etc.	
...	

Bild 4-5: Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Netzwerk-Dimension (Auszug)

Es ist ersichtlich, dass die konkreten Ausprägungen und auch der Umfang der Variablen vom betrachteten Unternehmen und der anzubietenden Marktleistung abhängen. Nicht immer sind alle Variablen in einem Unternehmen vorhanden oder von großer Bedeutung für die Umsetzung der Marktleistung. Sie sind für jeden Anwendungsfall individuell anzupassen und ggf. zu erweitern. Die vorangegangene Übersicht kann dabei als grundlegende Informationsquelle sowie als Inspiration für weitere Variablen dienen.

4.2.2.2 Digitale Dimension

Neben der physischen Wertschöpfung entsteht durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologie zunehmend ein informationstechnisches Wertschöpfungssystem⁸. Grundlage für die virtuelle Wertschöpfung ist eine internetbasierte Kommunikation. Durch die Vernetzung werden ein besseres Zusammenwirken sowie ein ver-

⁸ Dieses wird in der Literatur auch als digitales oder virtuelles Wertschöpfungsnetzwerk bezeichnet [SL02, S.31ff.]

einfacher Informationszugriff ermöglicht. Resultat ist eine höhere Produktivität und Flexibilität im Wertschöpfungsprozess. Die Digitale-Dimension erfährt als Verbindungsebene zwischen dem betrachteten Unternehmen, den Wertschöpfungspartnern und dem Kunden eine immer größere Bedeutung. Informationen können so transparent sämtlichen Beteiligten verfügbar gemacht werden und Daten ausgetauscht werden. Kernelemente der Digitalen Dimension sind neben einer virtuellen Wertschöpfungskette benötigte Internet-technologien (siehe Bild 4-6).

		Digitale Variable	Ausprägung (Beispiele)
Digitales Objekt	Digitale Wertschöpfungskette	Art der Prozesse Aktivitäten, die in ein Unternehmen in der digitalen Wertschöpfungskette übernimmt	Sammlung, Systematisierung, Auswahl, Aggregation und die Verteilung von Informationen [SL02, S.30 ff.]
		Tätigkeiten Beschreibung der Teilnahme am Netzwerk	Unterstützende Tätigkeiten (z.B. Bereitstellen virtueller Prototypen) [SL02, S. 31], primäre Tätigkeiten
		Rolle des Kunden Art, wie der Kunde in der virtuellen Wertschöpfungskette integriert ist	Integriert in die Werterstellung, Nutzer der entstandenen Marktleistung, Vernetzung des Kunden (siehe [Jan10, S. 14], [SL02, S. 31])
		Weitere: Erzeugnis, Zweck, Anzahl der Partner, etc.	
	Internet Technologien	Genutzte Technologien Beschreibt die technologische Grundlage für die Kolaboration in digitalen Wertschöpfungsketten	Cloudplattform, Security-Systeme, etc.
		Weitere: Grad der Vernetzung, Standort der Server, etc.	

Bild 4-6: Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Digitalen-Dimension

Die **Digitale Wertschöpfungskette** beschreibt Aktivitäten und Prozesse, die rechnergestützt abgebildet werden können. Hierbei beziehen sich die Kommunikations- und Leistungsströme nicht mehr nur auf vor- und nachgelagerten Partner, sondern auch auf die Beziehungen innerhalb des gesamten Wertschöpfungssystems. Die Ausprägung der Digitalen-Dimension ist stark abhängig von der Marktleistung. Bei Sachleistungen werden durch die Digitale Wertschöpfungskette vor allem unterstützende Tätigkeiten realisiert. Ein Beispiel ist der Austausch von digitalen Konstruktions- oder Simulationsdaten. Es wird in der Regel die physische Austauschbeziehung zwischen den kooperierenden Unternehmen innerhalb eines Wertschöpfungsnetzwerkes unterstützt. Der virtuellen Wertschöpfung sind durch das physische Produkt allerdings Grenzen gesetzt, da die Güter innerhalb der Wertschöpfungssysteme noch zu transportieren sind. Immaterielle Leistungen, wie zum Beispiel die Wartung eines Produktes über eine digitale Schnittstelle, können dagegen komplett durch die virtuelle Wertschöpfung realisiert werden (siehe [Jan10, S. 14], [SL02, S. 30f.], [RS95, S. 76f.]).

Internet-Technologien beschreiben die technologischen Grundlagen, die notwendig sind, um eine virtuelle Wertschöpfungskette zu realisieren. Zusätzlich zu den bereits aus der Netzwerkdimension bekannten Plattformen gehören insbesondere Security-Systeme zu den wichtigsten Komponenten.

Wie bei der Netzwerk-Dimension lassen sich die Objekte auf dieser Abstraktionshöhe in vielen Unternehmen vorfinden. Jedoch ist zu beachten, dass es auch hier Ausnahmen gibt. Insbesondere die Ausgestaltung der Digitalen-Dimension ist oft Ziel von Transformationsbestrebungen in Unternehmen. Kleine und mittlere Unternehmen des klassischen Maschinen- und Anlagenbaus werden hier bisher wenig Know-how haben, so dass diese Dimension in der bestehenden Wertschöpfung bislang nicht vorzufinden ist. Bild 4-6 zeigt mögliche **digitale Variablen** und deren beispielhafte **Ausprägungen**. Diese gilt es ebenfalls für den entsprechenden Anwendungsfall individuell anzupassen und ggf. zu erweitern. Die dargestellten Variablen unterstützen wiederum bei der Analyse und Charakterisierung der Dimension. Die **digitale Wertschöpfungskette** lässt sich u.a. in „*Art der Prozesse*“ und die entsprechende Spezifizierung der „*Tätigkeiten*“ charakterisieren. *Tätigkeiten* sind hier unterstützende Aktivitäten wie die Bereitstellung von virtuellen Prototypen an alle beteiligten Partner oder die Auswertung von Daten.

4.2.2.3 Prozess- und Organisatorische Dimension

Die Prozess- und Organisatorischen Dimensionen beschreiben das betrachtete Unternehmen und lassen sich idealerweise zusammenhängend betrachten. Beide Dimensionen ermöglichen den Leistungserstellungsprozess und werden von PORTER in Primär- und Sekundäraktivitäten unterteilt [Por00, S. 66] (siehe Bild 4-7).

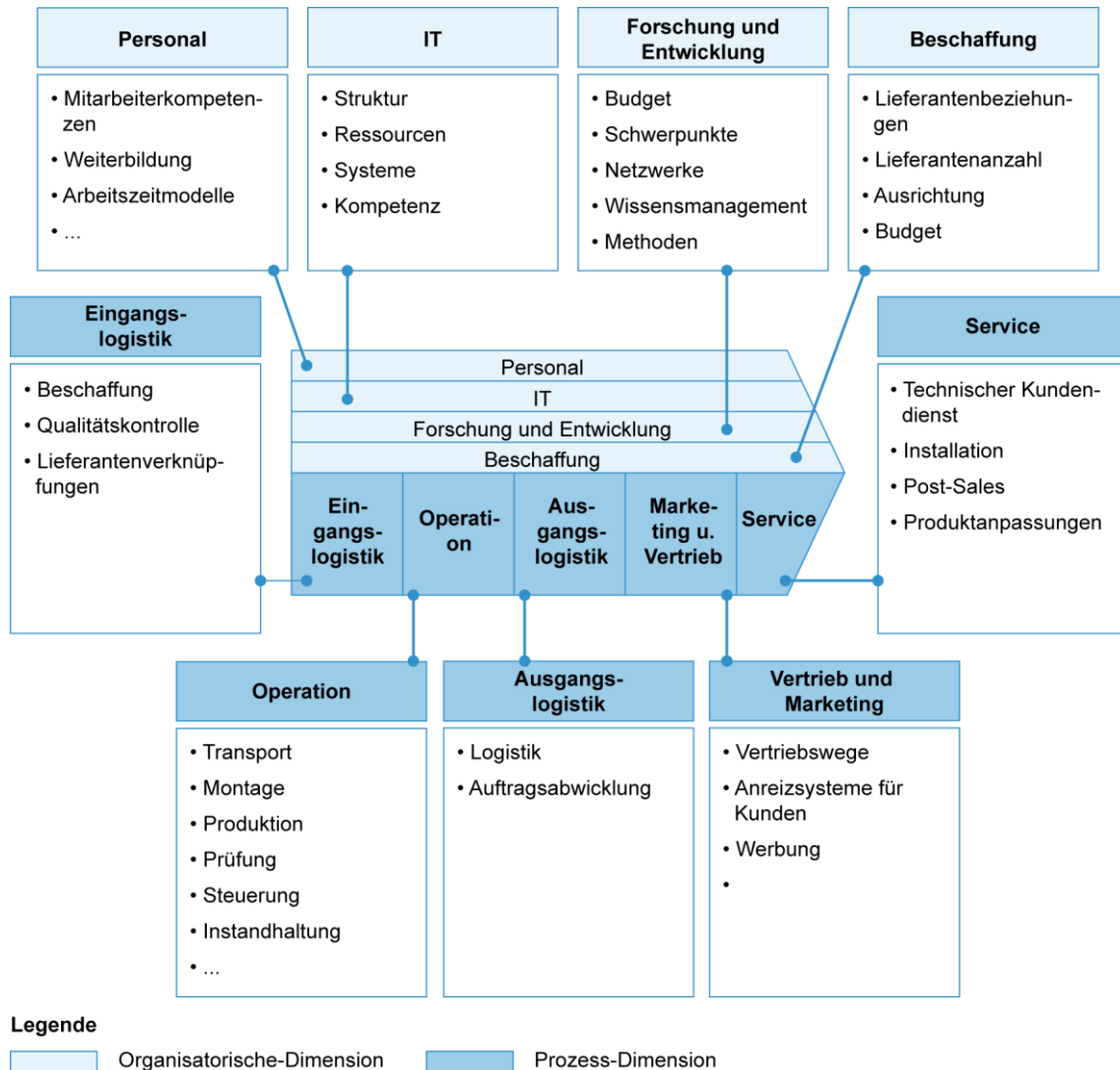


Bild 4-7: Analysebereiche für die Prozess- und Organisations-Dimension in Anlehnung an PORTER

Die Primäraktivitäten lassen sich dabei in Eingangslogistik, Operation, Ausgangslogistik, Marketing und Vertrieb sowie Service unterteilen. Die hier stattfindenden Aktivitäten sind in der **Prozess-Dimension** zusammengefasst. Es sind die klassischen wertschöpfenden Prozesse. Diese lassen sich wiederum in einzelne Variablen unterteilen. Der Bereich Operation, die eigentliche Fertigung, unterteilt sich in den Transport, Montage Produktion, Prüfung, Steuerung und Instandhaltung [GP14, S. 17]. Die Prozess-Dimension wird unterstützend durch (organisatorische) Aktivitäten flankiert. Hierzu zählen beispielsweise das Human Resource Management (Personal) und die Forschung und Entwicklung. Die entsprechenden zu analysierenden Bereiche lassen sich an einer leicht modifizierten Wertkette nach PORTER darstellen und in verschiedene Variable aufteilen. Bild 4-8 zeigt einen Auszug möglicher Prozessvariablen und deren beispielhafte Ausprägungen. In der Prozess- und der Organisatorischen-Dimension sind die Ausprägungen der Prozessvariablen sehr unternehmensbezogen. Sie dienen hier als Inspiration zur späteren Identifikation der individuellen, unternehmensspezifischen Ausprägungen. Weitere Ausprägungen

und Beispiele der Prozess-Dimension lassen sich u.a. entsprechender Literatur oder Normen entnehmen (siehe [War90, S. 102ff.], [Sel1, S. 97], [GP14, S. 18f.], [Bau04, S. 7ff.], [Kot07, S. 849ff.]; [DIN8580]; [Ahs13, S. 70ff.]).

		Prozessvariable	Ausprägung (Beispiele)
Prozess	Eingangslogistik	Beschaffung Umfasst Prozesse zum Beschaffen und Entgegennehmen von Leistungen	Ware anmelden, Ware einbuchen, Ware kommissionieren, etc.
		Qualitätskontrolle Prozesse, die der Überprüfung und Sicherstellung der Qualität der gelieferten Ware dienen	Ware zum Prüfplatz bringen, Waren- und Identprüfung, Einzelprüfung, Stichprobenprüfung, Chargenprüfung, Freigabe, etc.
		Lieferantenverknüpfungen Prozesse zur Interaktion mit Lieferanten	Lieferungen erfassen, Eingansmeldung, Schadensmeldung, Rückgabe an Lieferanten, etc.
	Operation	Transport Materialfluss- und Logistikprozesse in der Fertigung	Material aus Lager holen, Transporthilfsmittel bereitstellen, Ware einlagern, Ware bereitstellen, Transportprozesse, etc.
		Produktion Prozesse zur Erstellung von Produkten für die Montage oder den Kunden	Maschine bedienen, Material ablängen, Material fixieren, etc.
		Montage Prozesse zum Zusammenbau von Teilen und/oder Baugruppen	Teile verkleben, Teile fixieren, Teile verschrauben, etc.
		Prüfung Prozesse für die Prüfung und Kontrolle von Teilen und Baugruppen	Sichtprüfung durchführen, Taktile Prüfung vorbereiten, Teile vermessen, etc.
		Steuerung Koordinationsprozesse zur Organisation von Fertigung, Montage, Transport und Instandhaltung	Produktion planen, Montage auslösen, Instandhaltung organisieren, etc.
		Instandhaltung Prozesse zur Wartung und Optimierung der Betriebsmittel	Lager austauschen, Werkzeug wechseln, etc.

Bild 4-8: Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Prozess-Dimension (Auszug)

Weitere Variablen und Ausprägungen sind im Anhang vollständig abgebildet (siehe Bild A-5 und Bild A-6). Die **Eingangslogistik** umfasst Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Wareneingang, der Lagerung oder der Verteilung von Betriebsmitteln stehen. Dazu zählen Materialtransporte, Rückgabeprozesse an Lieferanten [Por00, S. 68] sowie die lückenlose Überwachung der Produkte die sich im Umlauf befinden [PH15, S. 11]. **Operation** beschreibt den eigentlichen Fabrikbetrieb. Deren Aufgabe ist die Erstellung der unterschiedlichen Erzeugnisse. Dazu zählen sowohl Endprodukte als auch Komponenten, die ggf. an Wertschöpfungspartner übergeben werden. Dies kann so weit gehen, dass die Endmontage beim Kunden stattfindet. Hinzu kommt, dass intelligente vernetzte

Systeme die Abläufe in den Fabriken zukünftig verändern werden. Die Fertigung wird nicht mehr primär als abgeschlossener Prozess gesehen. Durch eine angestrebte dauerhafte Vernetzung können und müssen Produkte kontinuierlich weiterentwickelt und geupdatet werden [PH15, S. 10f.]. Die **Ausgangslogistik** umfasst Aktivitäten, die in Verbindung mit der Lagerung und Auslieferung der hergestellten Erzeugnisse stehen. Insbesondere die Daten über den aktuellen Status der Lieferung, den aktuellen Standort oder den Zustand der Lieferung werden in diesem Bereich an Bedeutung gewinnen, da immer mehr Partner an der Wertschöpfung beteiligt sind. [PH15, S. 11]. **Marketing und Vertrieb** beinhalten Tätigkeiten, die den Kunden zum Kauf der erstellten Erzeugnisse bewegen sollen. Neben Werbeaktivitäten gehören auch solche Aktivitäten dazu, die es dem Kunden überhaupt ermöglichen, die Erzeugnisse zu erwerben [Oeh10, S. 140]. Der **Service** umfasst produktbegleitende Dienstleistungen. Der sogenannte Post Sales Support umfasst beispielsweise die Installation der Marktleistung, deren Inbetriebnahme oder zugehörige Schulungen. Zukünftige Service-Aktivitäten, wie zum Beispiel die prädiktive Wartung, gehen über den traditionellen Service hinaus und sind nicht grundsätzlich diesem zuzuordnen. Es finden dennoch auch Veränderungen beim traditionellen Service statt (siehe [PH15, S. 13]). Starre Wartungsintervalle werden beispielsweise durch situationsbedingte Wartungseinsätze substituiert.

Die Prozessvariablen, die **Operation** zugeordnet sind, orientieren sich an der Funktionalen Struktur produzierender Unternehmen [GP14, S. 17ff.] (siehe Abschnitt 3.3.13). Sie unterscheiden sich in ihrer Ausprägung von Unternehmen zu Unternehmen, geben aber einen ausreichenden Überblick und lassen sich ggf. erweitern.

Die **Organisatorische-Dimension** umfasst die von PORTER als unterstützende Aktivitäten bezeichneten Unternehmensbereiche. Im Unterschied zur Wertkette nach PORTER, wurde die Unternehmensinfrastruktur in der Netzwerk-Dimension dem Unternehmen zugeordnet. Hinzugekommen ist die **IT**, deren Bedeutung im Zuge der zunehmenden Digitalisierung steigt. **Personal** umfasst sämtliche mitarbeiterbezogenen Aktivitäten in einem Unternehmen. Zukünftig bekommt die Ausgestaltung der Arbeitszeitmodelle und die Weiterbildung der Beschäftigten eine immer größere Bedeutung. Neue Kompetenzen sind gefragt und müssen den Mitarbeitern vermittelt werden. Die Hauptaufgaben der IT liegen traditionell im Bereich der Computerinfrastruktur sowie der Anwendungssoftware. Zukünftig ändert sich die Rolle, da Marktleistungen einen immer höheren Softwareanteil besitzen und große Mengen an Daten ausgewertet werden müssen. Dazu werden in der Regel neue Datenabteilungen entstehen, die ebenfalls der IT zugeordnet werden können [PH15, S. 16]. **Forschung und Entwicklung** umfasst die Produkt- und Verfahrensverbesserungen sowie deren Neuentwicklungen. Insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau sind darin mechanische und mechatronische Entwicklungen enthalten. Zukünftig wird die Softwareentwicklung einen stärkeren Einfluss auf die Tätigkeiten haben. Die **Beschaffung** vereint alle Aktivitäten, die mit dem Einkauf des notwendigen Inputs befasst sind. Dazu zählen neben Rohstoffen und Verbrauchsmaterialien auch im Unterneh-

men fehlende Kompetenzen. Weitere Ausprägungen und Beispiele der Organisations-Dimension lassen sich entsprechender Literatur entnehmen (siehe u.a. [Ahs13, S. 70ff.], [PH15, S. 17ff.], [Zar07, S. 27ff.], [Hel14, S. 61ff.], [WC07, S. 148ff.]). Die erarbeiteten organisatorischen Objekte und deren zugehörigen Variablen und Ausprägungen sind Auszugsweise in Bild 4-9 dargestellt. Ein kompletter Überblick ist im Anhang in Bild A-7 abgebildet.

		Organisatorische Variable	Ausprägung (Beispiele)
Organisatorisches Objekt	IT	IT-Struktur Beschreibt den organisatorischen Aufbau der IT	Abteilungs- bzw. Bereichsstruktur, Aufgaben, Verantwortung, etc.
		Verfügbare Systeme Beschreibt die spezifische Ausstattung	Verfügbare Software, verfügbare Hardware, etc.
		Weitere: Ressourcen, etc.	
	Personal	Mitarbeiterkompetenzen Beschreiben die Fähigkeiten, die in einem Unternehmen vorhanden sind	Data Mining, ERP-Kenntnisse, CAD-Konstruieren, etc.
		Weiterbildung Bestehende Angebote im Unternehmen, um Kompetenzen zu erhalten	Kooperationen mit Akademien, interne Schulungen, etc.
		Arbeitszeitmodelle Möglichkeiten der Arbeitszeitgestaltung	Flexible Arbeitszeiten, starre Arbeitszeiten, personal availability calendar, etc.
		Weitere: Ausbildung, Anreizsysteme, etc.	

Bild 4-9: Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Organisatorischen-Dimension (Auszug)

4.2.3 Variablen zusammenstellen

Die Spezifikation der originären Wertschöpfung erfolgt in den vorgestellten Dimensionen und den zugehörigen Variablen. Dabei gilt es, die richtige Detaillierungsstufe zu wählen. Nicht alle aufgezeigten Bereiche sind für die sich anschließende Gestaltung der Wertschöpfung von Relevanz. Dennoch ist es von Bedeutung, sich einen Überblick über die Fähigkeiten und die Struktur des betrachteten Unternehmens zu verschaffen. Um die Erkenntnisse im weiteren Verlauf der Anpassung nutzen zu können, sind diese in geeigneter Form zu dokumentieren. Durch die Zusammenstellung der Variablen sollen weder die anzupassenden Bereiche vordeterminiert, noch die benötigte Kreativität bei der Gestaltung eingeengt werden – es ist vor allem als Hilfestellung gedacht, um im späteren Verlauf insbesondere die indirekten Auswirkungen der Änderungen zu identifizieren und zu verstehen. Des Weiteren sind die Variablen Grundlage für eine tiefere Analyse der betroffenen Bereiche. Insbesondere die Virtuelle-Dimension und die Prozess-Dimension

zeichnen sich durch eine Abfolge von Prozessen aus. Hinzu kommen weitere Informationen bzgl. der benötigten Infrastruktur. Ähnliches gilt bei der Netzwerk-Dimension und der Organisatorischen-Dimension. Die Abfolge, also die Prozesse, lässt sich in verschiedenen Ebenen darstellen. Die **erste Ebene** stellen die einzelnen Objekte der Dimensionen dar. Sie sind in vielen Unternehmen in mehr oder weniger identischer Form vorhanden, weisen aber noch einen zu großen Informationsverlust in Bezug auf die bestehende Wertschöpfung auf. Die **zweite Ebene** der Prozesse entspricht in Teilen den dargestellten Prozessvariablen und lassen sich diesen zuordnen. Die Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung sollte auf dieser Ebene stattfinden (siehe Bild 4-10). Als Hilfsmittel und zur Inspiration eignen sich die Prozesse der zweiten Ebene des SCOR-Modells (vgl. Abschnitt 3.1.1). Die Prozesse der ersten Ebene werden hier in einzelne Prozesskategorien unterteilt. Die bereitgestellten Prozesselemente lassen sich zu unternehmensindividuellen Prozessketten kombinieren.

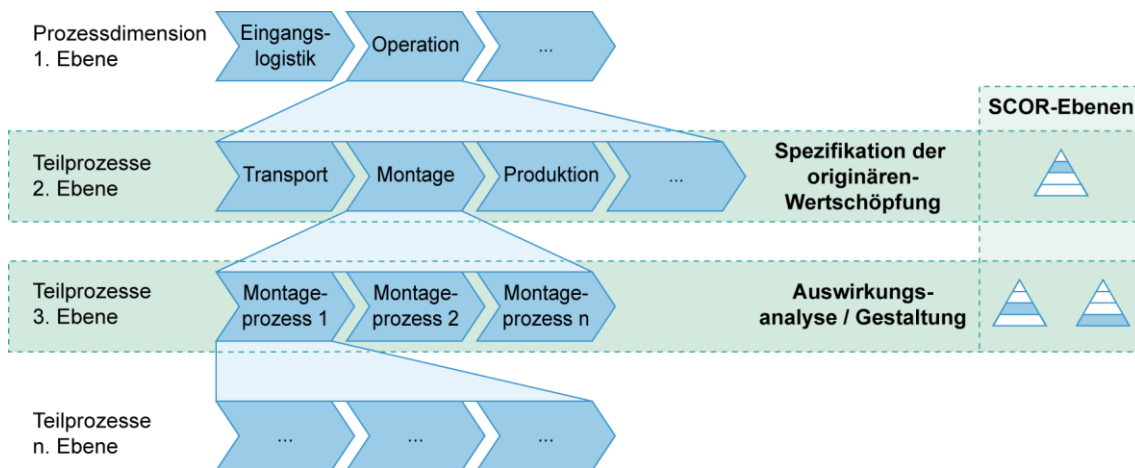


Bild 4-10: Auswahl der geeigneten Granularität zur Spezifikation der Ausgangssituation

Zur Aufnahme der Prozesse bieten sich vorhandene Prozessmodellierungstechniken wie OMEGA an (vgl. Abschnitt 3.1.2). OMEGA ermöglicht einen geeigneten Überblick über die Aktivitäten, die im Unternehmen durchgeführt werden und lässt sich in der Granularität der Darstellung anpassen. Informationen über die zugehörige Aufbauorganisation lassen sich ebenfalls darstellen.

Im Zuge der Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung müssen zudem Objekte und Variablen zwischen den unterschiedlichen Dimensionen in Relation gesetzt werden. Die Interaktion in einem Produktionsnetzwerk umfasst beispielweise sämtliche an der Wertschöpfung beteiligten Dimensionen. Als weitere Unterstützung können sogenannte Standardausprägungen von Wertschöpfungssystemen dienen. Diese erfüllen wiederkehrende Funktionen in Wertschöpfungssystemen und umfassen notwendigen Prozesse, Organisationseinheiten und deren Beziehungen. Standardausprägungen basieren auf bereits vorhandenen Wertschöpfungslösungen (siehe [MSG16, S. 721ff.] [GWE+17, S. 72f.]). Hierfür wurde eine Vielzahl bekannter Beispiele analysiert und deren Ausprägungen in den

Standardausprägungen definiert. Sie können dabei als eine Art Best Practice von Prozessen dienen, die unterschiedliche Dimensionen.

Standardausprägungen werden durch sechs Aspekte charakterisiert (siehe [GWE+17, S. 72ff.]): Eine kurze **Beschreibung** der wesentlichen Merkmale einer Ausprägung; dazu zählen neben einer Erläuterung der Anwendung auch eine Beschreibung der zugehörigen Prozesse, Ressourcen und der Wertschöpfungspartner. **Kernelemente** beziehen sich auf die von PORTER beschriebene Wertekette und kombinieren diese mit den primären Beziehungen. Dies sind Leistungs-, Kommunikations- und Zahlungsflüsse. Der Aspekt **Wertschöpfungssystem** stellt die modellierte Standardausprägung dar. Mithilfe der in Abschnitt 3.1.3 vorgestellten Modellierungssprache werden sämtliche beteiligten Organisationseinheiten, Ressourcen, Aktivitäten und Beziehungen abgebildet. **Konsistente Ausprägungen** verweisen auf unterstützende bereits vorhandene Standardausprägungen. Dazu zählen Ausprägungen, die in der Praxis häufig zusammen auftreten. Zu der beispielhaften Ausprägung „Ware liefern“ ist u. a. „Bezahlen der Ware“ eine konsistente Ausprägung. Der Aspekt **Technologien** umfasst für die Umsetzung der jeweiligen Standardausprägung relevante Technologien. Standardausprägungen dienen ursprünglich der musterbasierten Geschäftsmodell-Operationalisierung. Daher verweist der **Kontext** auf Geschäftsmodellmuster, in denen die jeweilige Standardausprägung angewendet wird.

Die Modellierungssprache für Wertschöpfungsnetzwerke (siehe Abschnitt 3.1.3) wird im Zuge der Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung eingesetzt, um Prozesse über verschiedene Dimensionen zu verknüpfen und so einen Gesamtüberblick über das Wertschöpfungssystem zu erhalten. Auch hierbei ist ein geeigneter Detaillierungsgrad zu wählen. Im Zuge der Dokumentation der bestehenden Wertschöpfung steht die Gesamtübersicht im Fokus. Eine detaillierte Betrachtung ist Teil der später folgenden Auswirkungsanalyse.

Die Spezifikation der originären Wertschöpfung ergibt neben der zukünftigen Marktleistung, welche primär durch das Produktkonzept und das Servicekonzept beschrieben wird, ebenso eine Grundlage für die Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfung. Wie bereits in Abschnitt 4.2.1 deutlich gemacht wurde, ergeben sich Anforderungen aus dem Produkt- sowie dem Servicekonzept, welche der Planung und Konzipierung der Marktleistung entstammen. Unter anderem handelt es sich um Vorgaben an die Vernetzung der einzelnen Komponenten des Servicekonzeptes und entsprechenden Organisationseinheiten des Wertschöpfungssystems. Anforderungen aus dem Bereich der Produktkonzipierung erfordern bestimmte Baugruppen oder Komponenten, die für die Umsetzung der Marktleistung notwendig sind. Anforderungen aus dem bestehenden Wertschöpfungssystem führen zu Vorgaben zu bestimmten Lieferanten oder Partnern, mit denen weiterhin kooperiert werden soll. So können bestehende Lieferverträge ausgebaut werden, um anfallende Transaktionskosten zu senken. Diese werden bei der Adaption der Wertschöpfung noch durch Anforderungen aus dem Bereich der Geschäftsplanung ergänzt.

4.3 Transformationstreiber

In den Abschnitten 2.3.2 und 4.2.1 wurde deutlich, dass zukünftig verstärkt hybride Marktleistungen von Unternehmen angeboten werden, deren Grundlage vermehrt Smart Services sind (siehe 4.2.1). Insbesondere Großunternehmen haben in diesem Bereich bereits eine Vorreiterrolle eingenommen und digitalisierte hybride Marktleistungen etabliert⁹. Dieser Arbeit liegt die Hypothese zu Grunde, dass erfolgreich implementierte Marktleistungen (in diesem Fall Smart Services) auf einer begrenzten Anzahl wiederkehrender Lösungselemente¹⁰ beruhen, welche über verschiedene Ausprägungen verfügen (siehe Bild 4-11). Einen ähnlichen Gedanken verfolgen PORTER/HEPPELMANN mit der Idee, dass Intelligente Technische Systeme, welche die Basis für hybride Marktleistungen sind, aus vier Grundkategorien aufgebaut sind (siehe Abschnitt 2.2.3). Die Hypothese lässt sich an dem in Abschnitt 4.2.1 genutzten Beispiel „*Automatische Nachbestellung von Verbrauchsmaterial*“ verdeutlichen. Die Marktleistung lässt sich u. a. mit Lösungselementen zur *Erfassung des Betriebszustandes* und dem *Übertragen von Daten*, beschreiben. Beide Elemente werden ebenfalls bei einer Marktleistung, die eine Prädiktive Wartung (Bspw.: „*Predictive Maintenance für Kompressoren*“¹¹) fokussiert, benötigt. In beiden Beispielen würden sich die Lösungselemente jedoch in ihrer individuellen wertschöpfungsseitigen Ausprägung unterscheiden. Eine Prädiktive Wartung erfordert eine kontinuierliche Datenübertragung. Anders ließe sich ein sich anbahnender fehlerhafter Betriebszustand nicht rechtzeitig erfassen und das Nutzenversprechen der Marktleistung könnte nicht garantiert werden¹². Bei dem Beispiel der „*Automatischen Nachbestellung von Verbrauchsmaterial*“ hingegen reicht eine zyklische Datenübertragung, z.B. alle 24 Stunden, aus.

Im ersten Fall (*Automatische Nachbestellung*) ist eine dauerhafte Datenübertragung mittels einer digitalen Plattform unumgänglich, während im zweiten Fall (*Predictive Maintenance*) eine automatisch erzeugte Email ausreichen würde. Die Lösungselemente sind die gleichen, die Ausprägungen und damit die Auswirkungen auf das Wertschöpfungs-system gänzlich verschieden.

Es wird deutlich, dass die Ursache einer Veränderung in der Wertschöpfung die Lösungselemente sind. Sie werden im Folgenden daher als Transformationstreiber bezeichnet, deren Identifikation ist Gegenstand von Abschnitt 4.3.1. Die Auswirkungen auf die Wert-

⁹ Beispiele sind Rolls Royce [Fra17-ol], ThyssenKrupp Elevator [Thy17-ol], Kärcher [Kär17-ol], oder Hagleitner [Hag17-ol]

¹⁰ Lösungselemente sind Bausteine, aus denen Gesamtsysteme erstellt werden können. Ein ähnlicher Gedanke liegt bspw. der Geschäftsmodellentwicklung mit Mustern zugrunde [GWE+17, S. 26ff.].

¹¹ Beispielhafte Anwendung siehe [Bog17-ol]

¹² Predictive Maintenance wird in der Praxis oft mit dem Nutzenversprechen einer Erhöhung der Systemverfügbarkeit angeboten (siehe [Sch17-ol], [FHR+17]).

schöpfung sind, wegen der unterschiedlichen Ausgestaltung, für jeden dieser Transformationstreiber verschieden. In Abschnitt 4.3.2 werden für jeden Transformationstreiber unterschiedliche Ausprägungen spezifiziert und diesem zugewiesen. Deren individuelle Auswirkungen auf die bestehende Wertschöpfung wird abschließend in Abschnitt 4.3.4 detailliert ermittelt.

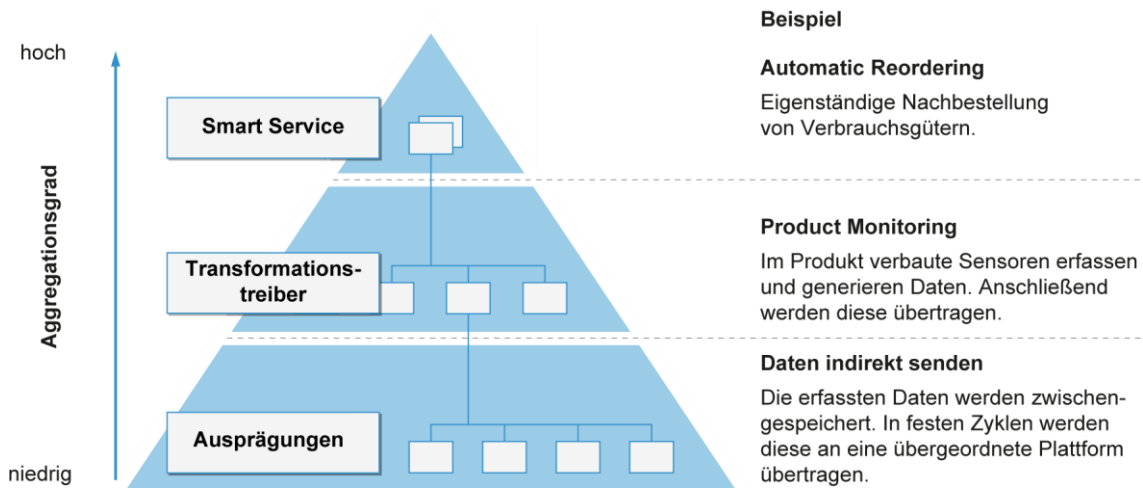


Bild 4-11: Hierarchisierung von Transformationstreibern

4.3.1 Identifikation von Transformationstreibern

Hybride Marktleistungen sind Teil des Wertschöpfungssystems. Die Erbringung, insbesondere des Services, erfolgt unmittelbar bei der Nutzung der Leistung. Herstellung und Konsum erfolgen parallel (vgl. Abschnitt 2.3.2). Das zukünftige Wertschöpfungssystem muss daher in der Lage sein die unterschiedlichen Aspekte der Marktleistung realisieren zu können. Diese werden durch die Transformationstreiber charakterisiert. Die Identifikation der Transformationstreiber erfolgt anhand der Analyse von Fallstudien existierender Smart Service Umsetzungen. Fallstudien zählen zu den qualitativen Methoden¹³ der empirischen Sozialforschung. Aufgrund ihrer Flexibilität verfügen sie über ein weites Anwendungsspektrum in unterschiedlichsten Domänen. Ziel von Fallstudienuntersuchungen ist es, einen Untersuchungsgegenstand in seinem realen Umfeld zu beschreiben und zu analysieren, um dadurch Rückschlüsse auf Kausalitätsmuster oder die Validierung von Konstrukten zu ermöglichen. Die Analyse der Fallstudien erfolgt anhand von vier Phasen (siehe Bild 4-12), die im Folgenden kurz erläutert werden [MRG+18]:

¹³ Die empirische Forschung ist ein wissenschaftliches Vorgehen, welche Aussagen über die Realität durch Befragung, Beobachtung oder Messung gewinnt [Jan10, S. 135].

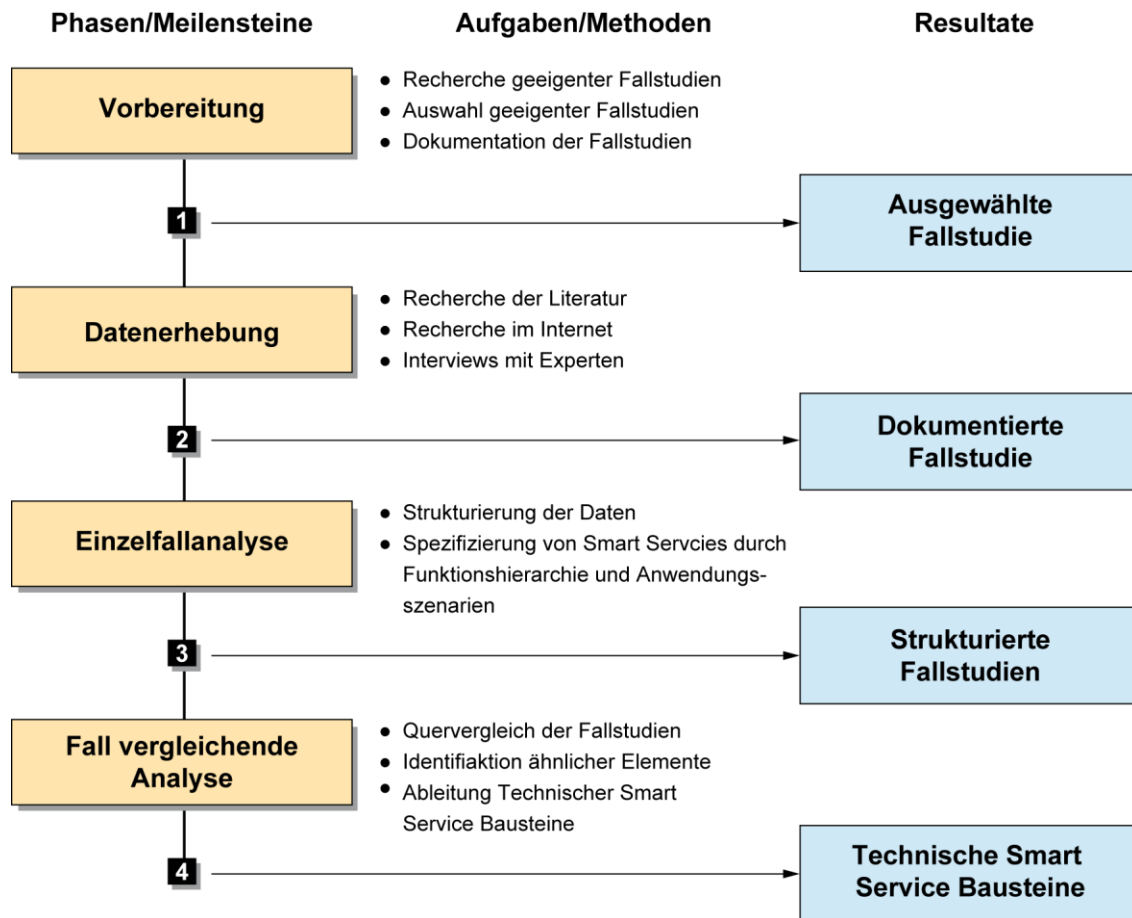


Bild 4-12: Vorgehensmodell zur Identifikation von Transformationstreibern [MRG+18]

Vorbereitung: Zu Beginn werden Fallstudien anhand unterschiedlicher Kriterien ausgewählt. Zu den Kriterien gehören u.a. die Unternehmenskennzahlen und der Informationsgehalt. Die ausgewählten Fallstudien werden anschließend dokumentiert. Darüber hinaus werden allgemeine Informationen über die einzelnen Unternehmen gesammelt, um den gesamt Kontext des Smart Services zu verstehen [MRG+18].

Datenerhebung: Die Datenerhebung erfolgt anhand einer Internetrecherche, Messebesuchen, Experteninterviews sowie anhand ausgewählter Fachliteratur. Ziel ist die Beschreibung der Struktur von Smart Services, deren Funktionalität und des Verhaltens [MRG+18].

Einzelfallanalyse: Anhand der erhobenen Daten werden die Basisfunktionalitäten der Smart Services beschrieben. So kann eine detaillierte Struktur erarbeitet werden und erste Bausteine von Smart Services abgeleitet werden. Weiterhin werden Anwendungsszenarien spezifiziert, die das gewünschte Systemverhalten und mögliche Situationen beschreiben. Um die Ergebnisse der einzelnen Fallstudien weiter zu dokumentieren, werden eine Kurzbeschreibung des Unternehmens und eine funktionale Hierarchie erstellt [MRG+18].

Fall vergleichende Analyse: Der Quervergleich der Fallstudien und die Betrachtung der einzelnen Funktionen hilft bei der Auswertung der Studien. So können wiederkehrende

Technische Smart Service Bausteine identifiziert und abgeleitet werden. In einem nächsten Schritt wurden diesen Namen zugeordnet [MRG+18].

Durch die Analyse der unterschiedlichen Fallstudien zu den Smart Services wurden initial zehn unterschiedliche Transformationstreiber identifiziert. Diese sind in verschiedener Kombination Grundlage der untersuchten Praxisbeispiele und in Bild 4-13 dargestellt sowie kurz erläutert. Die identifizierten Transformationstreiber stellen die Grundlage der in dieser Arbeit präsentierten Systematik dar. Die voranschreitende Digitalisierung sowie die Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnik führen zu einem vermehrten Auftreten weiterer hybrider Marktleistungen. Regelmäßige Analysen neuer Praxisbeispiele anhand des präsentierten Vorgehensmodells sind unerlässlich, um die Vollständigkeit und Aktualität der Transformationstreiber zu überprüfen und diese gegebenenfalls zu erweitern.

		Beschreibung
Transformationstreiber	Product Monitoring	Durch im Produkt verbaute Sensoren sowie über die Nutzung externer Datenquellen können u.a. der Produktstatus, das Umfeld und der Betrieb bzw. die Benutzung überwacht werden.
	Analytics	Auf Grundlage erfassener Daten von internen und externen Systemen sowie auf Grundlage von historischen Daten können Analysen durchgeführt werden. Ziel ist u.a. die Vorhersage von Systemausfällen oder die Analyse des Nutzungsverhaltens.
	Alerting	Auf Basis von Parametern werden Meldungen erzeugt. Beispiele sind das Unterschreiten einer Mindestbestandsmenge oder anstehende Wartungen. Meldungen können u.a. auf Grundlage von Regeln oder Datenauswertung erfolgen.
	Communication	Es bestehen Kommunikationsbeziehungen zwischen dem Produkt und dem Kunden und dem Betreiber des Smart Services. Die Kommunikation kann über unterschiedliche Kanäle erfolgen.
	Optimization	Auf Basis erfasster (und analysierter) Daten können Systeme optimiert werden. Die Optimierung beruht auf der Zusammenarbeit mit den Systemnutzern. Die Erfahrungen der Gesamtheit werden genutzt.
	Remote Control	Intelligente vernetzte Systeme können über Kommunikationsschnittstellen Steuerungsdaten empfangen, verarbeiten und quittieren. Anpassungen der Systeme sind so ortsungebunden möglich. Auf Grundlage der Zugriffsmöglichkeiten kommt der IT-Security eine besondere Bedeutung zu.
	Provide Information	Die im Betrieb gesammelten Daten und Informationen werden nach der Aggregation dem Nutzer/ Kunden und Betreiber zur Verfügung gestellt.
	Resource Scheduling	Planung von Ressourcen (bspw. Produktion, Service) auf Grundlage von Datenauswertungen. Ein Fokus liegt dabei auf der Planung von Serviceteams. So können Wartungen durchgeführt werden, bevor ein Fehler auftritt.
	Service Support	Der Einsatz der Serviceteams kann durch verschiedene Möglichkeiten unterstützt werden. Dies dient der besseren Planung, einer höheren Effektivität sowie einer höheren Qualität des Services.
	X on Demand	Nachfrageorientierte Planung und Ausführung von wertschöpfenden Aktivitäten (bspw. automatisches Nachproduzieren von Ersatzteilen).

Bild 4-13: Übersicht der Transformationstreiber [MRG+18]

4.3.2 Struktur von Transformationstreibern

Die Transformationstreiber sind der Auslöser für die Veränderungen im bestehenden Wertschöpfungssystem und lassen sich in verschiedene Ausprägungen unterteilen. Diese wiederum ermöglichen die Realisierung der Marktleistung in einem Wertschöpfungssystem. Grundlage der unterschiedlichen Ausprägungen ist in erster Linie die Analyse von Leistungsstufen technischer Handlungselemente (siehe [Wes17, S. 99ff.], [And15], [HWD+17], [SAG+17], etc.). Durch die unterschiedlichen Charakteristika der Leistungsstufen lassen sich Cyber-Physical Systems definieren und ausgestalten (siehe [Wes17, S. 145]). CPS sind die technologische Grundlage hybrider Marktleistungen und müssen dementsprechend im Wertschöpfungssystem abgebildet werden. Die Ausprägungen repräsentieren die wertschöpfungssystemseitige Sicht auf die Marktleistung und stellen Lösungen dar, wie das Wertschöpfungssystem gestaltet werden muss, um einzelne Funktionen der Marktleistung zu realisieren. Ergänzt werden diese durch Anforderungen unterschiedlicher Geschäftsmodelle an die Wertschöpfung, welche im Projekt GEMINI erfasst wurden (siehe [GWE+17]).

Für die identifizierten Transformationstreiber werden die Ausprägungen ermittelt und jeweils in einem Steckbrief dargestellt. Dieser enthält eine prägnante **Kurzbeschreibung** des jeweiligen Transformationstreibers. Eine **Prozessdarstellung** stellt die notwendigen Aktivitäten, die für eine Realisierung erforderlich sind, vereinfacht dar. Des Weiteren sind die jeweiligen **Ausprägungen** aufgeführt und die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale sind beschrieben. Bild 4-14 zeigt beispielhaft den Steckbrief des Transformationstreibers „*Product Monitoring*“. Die weiteren Steckbriefe sind im Anhang vollständig abgebildet (siehe Bild A-8 bis Bild A-16).

Zur Veranschaulichung dient der im Steckbrief dargestellte Transformationstreiber „*Product Monitoring*“, dieser beschreibt die sensortechnische Überwachung der Marktleistung und seines Umfeldes. Beide sind in erster Linie Produktfunktionen und müssen bereits bei der Konzipierung des Produkts berücksichtigt werden. Wenn die erfassten Daten für unterschiedliche Services genutzt werden sollen, müssen diese an den Betreiber der Marktleistung übertragen werden. Die wertschöpfungssystemseitige Aufgabe besteht daher in der Realisierung dieser Anforderung. Im Kern werden Produktfunktionen (bspw. das Erfassen von Daten) durch die unterschiedlichen Ausprägungen den Wertschöpfungsprozessen (bspw. das kontinuierliche Übertragen) zugewiesen oder in solche überführt.

Die in dem Beispiel „*Product Monitoring*“ vom Betreiber empfangenen Daten sind Grundlage für produktbegleitenden Services. Abhängig von dessen Ausgestaltung muss die Wertschöpfung evtl. entsprechend angepasst werden. Soll das Produkt beispielsweise nur sich selbst überwachen, ist *keine Übertragung* der Daten erforderlich. Die Daten werden lediglich, einem sich vor Ort befindlichen Servicetechniker, zur Verfügung gestellt. Eine direkte Veränderung an dem bestehenden Wertschöpfungssystem ist nicht notwendig. Indirekte Veränderungen können jedoch den Einsatz des Service-Technikers beeinflussen.

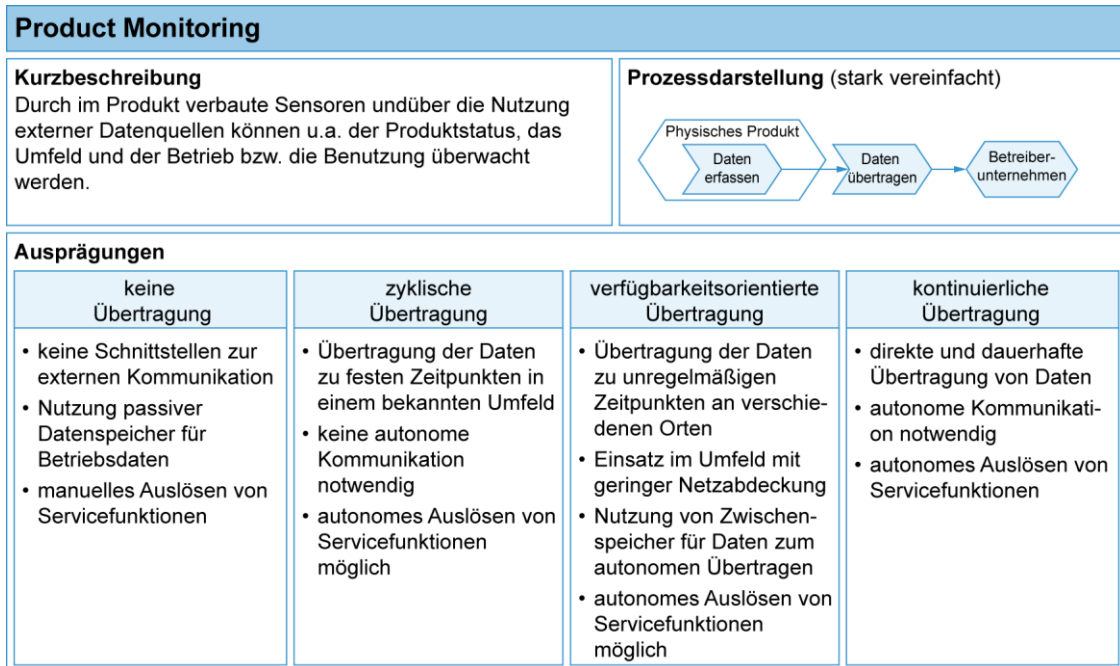


Bild 4-14: Ausprägungen eines Transformationstreibers am Beispiel „Product Monitoring“

Für die vorgestellte Marktleistung *Automatische Nachbestellung von Verbrauchsmaterial* bietet sich eine *zyklische Übertragung* der Daten an. Bestellungen in einem festen Zeitintervall sind ausreichend. Das Wertschöpfungssystem muss dementsprechend konfiguriert werden, dass periodisch eine Übertragung ermöglicht wird. Des Weiteren müssen zum späteren Abgleich historische Verbrauchswerte dokumentiert werden. Die verfügbarkeitsorientierte Übertragung von Daten bietet sich dann an, wenn keine dauerhafte Datenübertragung möglich ist. Dies ist insbesondere in der Bauindustrie und in Gegenden mit schlechter Netzabdeckung von Interesse. Hier ist u.a. die Zwischenspeicherung der Daten von besonderer Wichtigkeit. Bei dem bereits genannten Beispiel *Predictive Maintenance für Kompressoren* (siehe Abschnitt 4.3) ist die vierte Ausprägung, die *kontinuierliche Übertragung*, erforderlich. Diese erlaubt eine dauerhafte Übertragung sämtlicher Daten, setzt jedoch eine Austauschplattform zur permanenten Kommunikation voraus. Die Auswirkungen auf das bestehende System sind insbesondere dann hoch, wenn in der bestehenden Wertschöpfung bisher keine Plattform zur Verfügung steht.

Insgesamt wurden 37 unterschiedliche Ausprägungen identifiziert und beschrieben¹⁴ (siehe Bild 4-15). Diese sind im weiteren Verlauf der Gestaltung der Wertschöpfung, wie auch die Variablen der bestehenden Wertschöpfung (vgl. Abschnitt 4.2.2), die Grundlage

¹⁴ Wie bei der Identifikation der Transformationstreiber wird an dieser Stelle nicht von einer Vollständigkeit der Ausprägungen ausgegangen. Der stetige Wandel führt zu immer weiteren Umsetzungsbeispielen, sodass sich auch weitere Ausprägungen ergeben können. Die Liste gilt daher als Inspiration und Ausgangspunkt der folgenden Wirkungsanalyse und späteren Gestaltung der Wertschöpfung. Eine kontinuierliche Überprüfung und Anpassung erleichtert die Umsetzung und sichert die Effektivität der Systematik.

für die folgende Auswirkungsanalyse. Ebenso sind sie eine Grundlage für die sich anschließende Auswahl eines Umsetzungspfades.

Für die Realisierung einer hybriden Marktleistung sind nicht immer alle Transformationstreiber und deren Ausprägungen notwendig. So wird in dem Beispiel der *Automatische Nachbestellung von Verbrauchsmaterial* u. a. kein Transformationstreiber für die Optimierung (*Optimization*) oder eines Zugriffs von außen (*Remot Control*) benötigt. Die Auswahl variiert je nach Marktleistung und ist Gegenstand von Kapitel 5.

		Ausprägungen			
Transformationstreiber	Product Monitoring	Keine Übertragung	Zyklische Übertragung	Verfügbarkeitsorientierte Übertragung	Kontinuierliche Übertragung
	Analytics	Zustandserkennung	Analyse von Anomalien	Ursachendiagnose und Prognose	Autonome Steuerung
	Alerting	Alerting auf Grundlage vordefinierter Regeln	Manuelles Alerting	Alerting auf Grundlage von aggregierten Daten	Alerting auf Grundlage von prädiktiven Daten
	Communication	Unidirektional zum Betreiber	Unidirektional zum System/Kunden	Bidirektional	Bidirektional M2M
	Optimization	Handlungsempfehlung zur Benutzung	Physische Upgrades	Updates	Optimierte situationsspezifische Konfiguration
	Remote Control	Software-Control	Hardware-Control	Fernwartung	
	Provide Information	I/O Visualisierung	Lokale Anzeige	Zentrale/ dezentrale Anzeige	Anzeige auf mobilen Endgeräten
	Ressource Scheduling	Prozessüberwachung und Planung	Automatische Prozessplanung und Steuerung		
	Service Support	Digitales Handbuch	Onlineüberwachung	Automatische Remote Diagnose	Diagnose durch Assistenzsysteme
	X on Demand	Zyklusorientierte Planung	Bedarfsorientierte Planung	Zyklusorientierte Planung und Steuerung	Bedarfsorientierte Planung und Steuerung

Bild 4-15: Übersicht über die Ausprägungen der Transformationstreiber

4.3.3 Konsistenzanalyse der Ausprägungen

Die identifizierten Ausprägungen sind nicht immer kompatibel zueinander. So erfordert eine *Optimierte situationsspezifische Konfiguration* des Transformationstreibers *Optimization* immer eine *Kontinuierliche Datenübertragung*. Eine *Zyklische Übertragung* oder „keine Übertragung“ ist daher inkompatibel zu der genannten Ausprägung und sollte daher nicht zusammen auftreten. Um konsistente Ausprägungen zu erhalten, müssen zunächst die einzelnen Ausprägungspaare auf ihre Verträglichkeit hin überprüft werden. Diese paarweise Konsistenzbewertung erfolgt in einer Konsistenzmatrix, wie sie ausschnittsweise in Bild 4-16 dargestellt ist.

Konsistenzmatrix Fragestellung: „Wie verträgt sich Ausprägung i (Zeile) mit Ausprägung j (Spalte)?“ Bewertungsskala: 1 = Inkonsistenz 2 = neutral oder voneinander unabhängig 3 = starke gegenseitige Unterstützung		Ausprägungen	Keine Übertragung	Zyklische Übertragung	Verfügbarkeitsor. Übertragung	Kontinuierliche Übertragung	Zustandserkennung	Analyse von Anomalien	Ursachendiagnose/Prognose	Autonome Steuerung	Handlungsempf. zur Benutz.	Physische Upgrades	Updates	Optimierte situationsspez. Konfigur.		Lokale Anzeige	Zentrale/Dezentrale Anzeige
Transform.-Treiber	Ausprägungen	Nr.	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D		10B	10C
Product Monitoring	Keine Übertragung	1A															
	Zyklische Übertragung	1B															
	Verfügbarkeitsor. Übertragung	1C															
	Kontinuierliche Übertragung	1D															
Analytics	Zustandserkennung	2A	2	2	2	2											
	Analyse von Anomalien	2B	1	2	2	3											
	Ursachendiagnose/Prognose	2C	1														
	Autonome Steuerung	2D	1														
Optimization	Handlungsempf. zur Benutz.	3A	2														
	Physische Upgrades	3B	2														
	Updates	3C	1	2	1		2	2	3								
	Opt. situationsspez. Konfigur.	3D	1	1	1		1	1	1	3							
Provide Information	Lokale Anzeige	10B	3	2	3	3	2	2	1	1	3	2	2	2			
	Zentrale/Dezentrale Anzeige	10C	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2			

Bild 4-16: Konsistenzmatrix zur paarweisen Bewertung der Ausprägungen

Es handelt sich um eine Dreiecksmatrix, da es sich – im Gegensatz zur Einflussanalyse in Abschnitt 3.2.2 – die Beziehungen nicht gerichtet sind. Die zweite Richtung ergibt sich automatisch aus der Invertierung der ersten Bewertung [GP14, S. 62]. Bei der Bewertung der Konsistenz steht die Frage im Vordergrund: „Wie verträgt sich Ausprägung i (Zeile) mit Ausprägung j (Spalte). Die Bewertung erfolgt anhand einer drei-stufigen Bewertungsskala. Diese reicht von „1 = totale Inkonsistenz“, d. h. die beiden Ausprägungen schließen einander aus und können realistisch nicht zusammen vorkommen, über „2 = neutral oder

unabhängig voneinander“, d. h. die beiden Ausprägungen beeinflussen einander nicht und auch ihr gemeinsames Auftreten ist realistisch“ bis hin zu „3 = sehr starke gegenseitige Unterstützung“, d. h. aufgrund des Eintretens der einen Ausprägung kann auch mit dem Eintreten der anderen Ausprägung gerechnet werden oder setzt diese voraus. Mit Hilfe der Konsistenzmatrix werden inkonsistente Ausprägungspaare ausgeschlossen¹⁵ sowie sich gegenseitig begünstigende oder auch erforderliche Ausprägungen identifiziert.

4.3.4 Auswirkungen auf die Wertschöpfung

Die unterschiedlichen Ausprägungen der Transformationstreiber haben neben dem direkten Einfluss auf die Wertschöpfung auch einen indirekten Einfluss, der bestimmt werden muss. Die direkte und indirekte Wirkungsanalyse unterstützt die Identifikation von Wertschöpfungsprozessen, die von der Realisierung der neuen Marktleistung betroffen sind. Die Wechselwirkungen der Prozesse führen zu unterschiedlichen Kausalketten an den anzupassenden Wertschöpfungsprozessen. Darauf aufbauend lassen sich zugehörige Unternehmensbereiche identifizieren, die anschließend detaillierter gestaltet werden müssen. So kann sichergestellt werden, dass oftmals begrenzte Ressourcen nur dort zur Gestaltung eingesetzt werden, wo starke Einflüsse auf die Wertschöpfung zu erwarten sind. Ebenso kann gewährleistet werden, dass auch nicht sofort ersichtliche, dennoch betroffene, Prozesse und Bereiche bei der Gestaltung berücksichtigt werden.

Analyse der direkten Auswirkungen

Bei der Analyse der direkten Auswirkungen unterstützt eine Wirkungsmatrix, wie sie auszugsweise in Bild 4-17 gezeigt ist. Diese ermöglicht eine intuitive und anschauliche Bewertung der Auswirkungen der Transformationstreiber. Die Matrix enthält in den Spalten die Variablen der Netzwerk-, der Digitalen-, der Prozess- und der Organisatorischen Dimension.

Für jede Ausprägung wird bewertet, wie stark die Auswirkung auf die jeweilige Variable und damit auf die bestehende Wertschöpfung ist. Eine „2“ bedeutet, dass die Ausprägung eine starke Auswirkung auf die Variable hat. Eine „1“ deutet darauf hin, dass die Ausprägungen eine mittlere Auswirkung hat¹⁶. Die so ausgefüllte Matrix enthält eine Aussage über die direkten Auswirkungen auf die bestehende Wertschöpfung. Es ergeben sich Spaltensummen, für jede Variable, die angibt, wie stark die Auswirkungen auf diese sind. Hohe Werte deuten darauf hin, dass die Variable von einer Vielzahl von Ausprägungen betroffen ist. Den Variablen werden nach absteigenden Spaltensummen Ränge zugeordnet.

¹⁵ Die Konsistenzbewertung der einzelnen Projektionspaare basiert wie bei der Wirkungsanalyse auf einer initialen subjektiven Einschätzungen der an der Erstellung beteiligten Personen.

¹⁶ Die Bewertungen beruhen auf der Analyse bestehender Praxis Beispiele sowie auf den Ergebnissen des Projektes GEMINI (siehe [GWE+17]).

Auswirkungsmatrix Fragestellung: „Wie stark ist die Auswirkung einer Ausprägung i (Zeile) auf die Wertschöpfungsvariable j (Spalte)?“ Bewertungsskala: _ = keine Auswirkung 1 = mittlere Auswirkung 2 = starke Auswirkung		Variable	Kernkompetenz der Partner	Art der Beziehung	Intensität der Kooperation	Transport	Produktion	Montage	Prüfung	Steuerung	Instandhaltung	Installation	...	Auswirkungsindex [%]
Transf.-Treiber	Ausprägungen	Nr.	WP	WP	WP	OP	OP	OP	OP	OP	OP	SE	...	
Product Monitoring	Keine Übertragung	1A										1		1
	Zyklische Übertragung	1B		1	1			1		1	2	1		20
	Verfügbarkeitsor. Übertragung	1C	1	2	1			1		1	2	1		23
	Kontinuierliche Übertragung	1D	1	2	2			1		2	2	2		33
Analytics	Zustandserkennung	2A										1		2
	Analyse von Anomalien	2B												19
	Ursachendiagnose/Prognose	2C		1										24
	Autonome Steuerung	2D		1										34
Optimization	Handlungsempf. zur Benutz.	3A		1										5
	Physische Upgrades	3B		1	1			1	1	1	1	1		17
	Updates	3C		2	2			1	1	2	2	2		30
	Opt. situationsspezifische Konfiguration	3D		2	2			1	1	2	2	2		34
...												
Summe Σ			4	36	31	3	20	19	20	32	49	23		

Bild 4-17: Auswirkungsmatrix zur Bestimmung der direkten Auswirkungen

Daraus ergibt sich eine erste Priorisierung bei der Umsetzung der sich anschließenden Adaption der Wertschöpfung. Diese wird im weiteren Verlauf der Analyse durch die indirekte Auswirkungsanalyse ergänzt. Als weitere Kennzahl lässt sich der **Auswirkungsindex** bestimmen. Dieser macht deutlich, wie stark eine Ausprägung die Gesamtheit der Variablen beeinflusst, also wie stark der Einfluss auf die bestehende Wertschöpfung ist. Dazu wird je Ausprägung die Anzahl der Variablen mit einer höheren Bewertung als „0“ durch die Gesamtanzahl der Variablen dividiert und mit 100 % multipliziert. Der Auswirkungsindex ist ein erster Indikator für den relativen Aufwand, den die Realisierung einer Ausprägung mit sich bringt. Jedoch ist dieser in der direkten Auswirkungsanalyse noch mit einer gewissen Fehlertoleranz behaftet. Nicht alle Variablen sind in einem Unternehmen vorhanden, daher stellt der Indikator nur eine grobe Näherung zur Abschätzung des Umsetzungsaufwandes dar.

Die direkte Auswirkungsanalyse ist nicht unternehmensspezifisch gehalten und soll einen ersten Überblick möglicher Auswirkungen geben, die im weiteren Vorgehen um eine indirekte Einflussanalyse ergänzt wird. Diese berücksichtigt dann unternehmensindividuelle Besonderheiten und ist gesondert für jedes Unternehmen durchzuführen (vgl. Abschnitt 5.1.3).

4.4 Hilfsmittel zur Adaption der Wertschöpfung

Die Adaption der Wertschöpfung erfolgt anhand sogenannter Umsetzungspfade. Diese stellen eine Auswahl in sich stimmiger Ausprägungen der Transformationstreiber dar. Die Planung und Konzipierung der zukünftigen Marktleistung gibt erste Hinweise auf die Ausgestaltung des Umsetzungspfade, jedoch determiniert sie nicht in vollem Umfang die Auswahl der Ausprägungen. Im Folgenden werden daher Hilfsmittel präsentiert, die die Adaption der Wertschöpfung unterstützen.

4.4.1 Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen

Die Auswahl eines geeigneten Umsetzungspfade hängt, neben der Analyse der zukünftigen Marktleistung, im großen Maße von dem Umsetzungsaufwand ab. Dieser ist umso höher, je stärker der Einfluss auf die bestehende Wertschöpfung ist. Der Aufwand muss jedoch in Relation gesehen werden. Ein hoher Nutzen einer Ausprägung kann den Umsetzungsaufwand schnell amortisieren. Nicht alle Ausprägungen sind von gleich hoher Priorität. Eine kontinuierliche Datenübertragung kann die Anforderungen aus der Marktleistung *Automatische Nachbestellung von Verbrauchsmaterial* ebenso erfüllen wie eine zyklische Datenübertragung, der Umsetzungsaufwand wäre entsprechend höher. Zukünftig können weitere Services mit einer kontinuierlichen Datenübertragung angeboten werden, die Priorität ist jedoch aktuell nicht sehr hoch.

Als Entscheidungshilfe zur Auswahl dient das *Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen* (siehe Bild 4-18). Dieses Bewertung des Aufwandes (den Auswirkungsindex) dem Nutzen der jeweiligen Ausprägung gegenüber. Der Nutzen einer Ausprägung lässt sich anhand verschiedener Kriterien bewerten. Mögliche Kriterien sind die Akzeptanz des Kunden bzgl. der neuen Technologie, eine Kostenabschätzung, die technische Attraktivität (bspw. ob die Ausprägung für weitere Marktleistungen genutzt werden kann) oder die Integrationsfähigkeit in das eigene Wertschöpfungssystem. Die Kriterien müssen unternehmensindividuell erfasst werden. Bei einer hohen Anzahl von Kriterien ist es zudem sinnvoll, diese zu Gewichten (in Anlehnung an die Nutzwertanalyse nach ZANGEMEISTER [Zan70]). Die Bewertung sollte von Experten im Unternehmen vorgenommen werden. In diesem Fall kann ebenfalls das Konzept einer Nutzwertanalyse zur Anwendung kommen (siehe [Zan70], [FG13, S. 390]). Im Folgenden wird auf die Erklärung zur Bewertung der Konzepte auf Basis einer Nutzwertanalyse verzichtet und auf die erwähnte Literatur verwiesen.

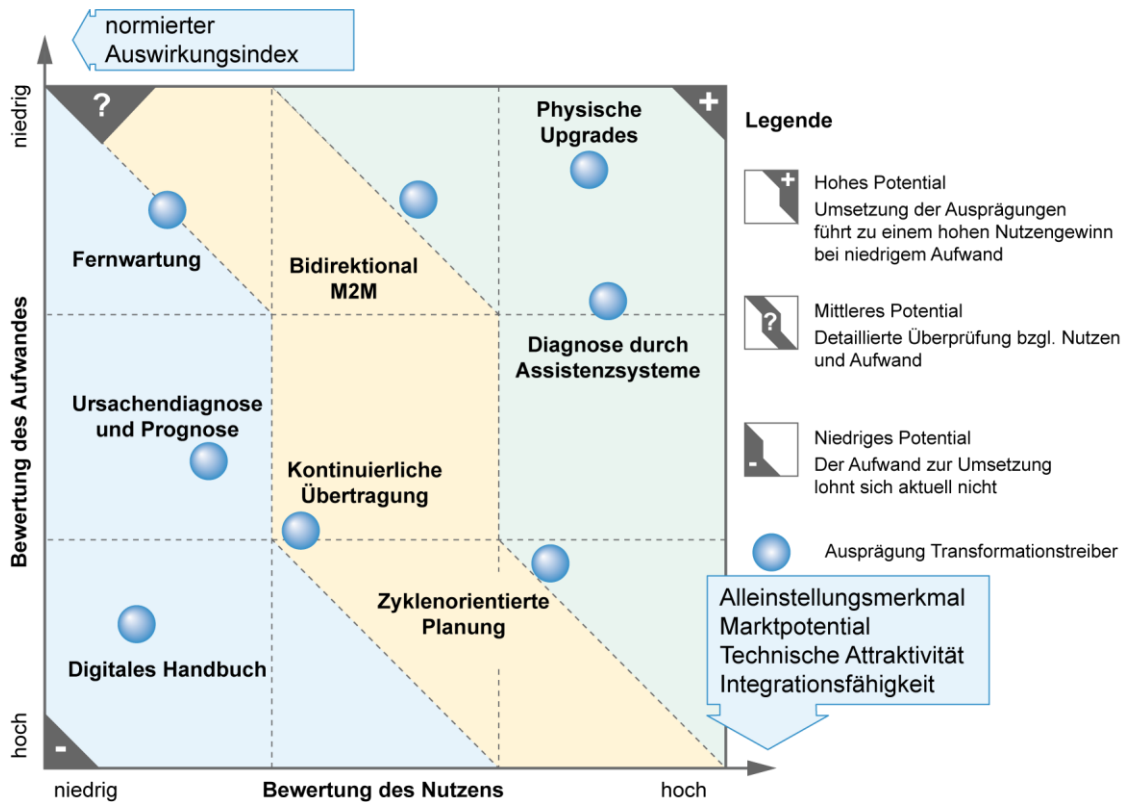


Bild 4-18: Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen von Transformationstreibern

Das Portfolio gliedert sich in drei verschiedene Bereiche. Ausprägungen der Transformationstreiber die sich oben rechts im Portfolio befinden, sind bevorzugt zu nutzen. Sie versprechen einen hohen Nutzen sowie einen auf den ersten Blick niedrigen Aufwand. Dabei ist zu beachten, dass die Bemessung des Aufwandes an dieser Stelle auf der Anzahl der beeinflussten Variablen beruht. Die anschließende Anpassung einzelner Bereiche kann jedoch noch einen gesonderten Aufwand aufweisen. Ausprägungen die sich unten links im Portfolio befinden, gilt es nach Möglichkeit zu vermeiden. Der Aufwand zur Umsetzung ist hoch während der Nutzen gering ist. Befinden sich Ausprägungen zwischen beiden Extremen, ist eine Einzelfallprüfung vorzunehmen. Die Bewertung der Auswirkung der Ausprägungen auf die bestehende Wertschöpfung ist in einem interdisziplinären Team durchzuführen. Wesentliche Informationsgrundlage ist die aufgenommene originale Wertschöpfung. Ergänzende Informationen können z.B. aus der Analyse bereits realisierter Lösungen kommen, die eine Einschätzung der Auswirkungen einzelner Variable auf weitere sich im Unternehmen befindlichen Variablen erleichtert.

4.4.2 Vorgehen zur Auswahl eines Umsetzungspfades

Das *Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen* (vgl. Abschnitt 4.4.1) zählt neben der Konsistenzmatrix (siehe Abschnitt 4.3.3) und dem Marktleistungssteckbrief (vgl. Abschnitt 4.2.1) zu den Entscheidungshilfen bei der Auswahl des Umsetzungspfades (siehe Bild 4-19).

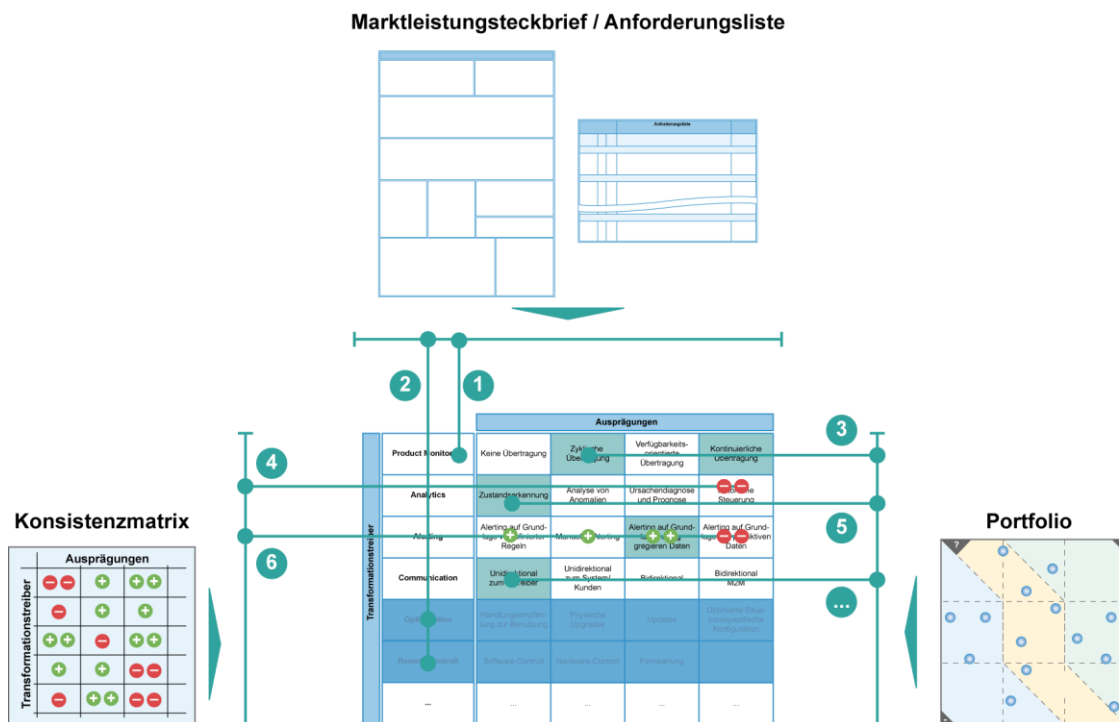


Bild 4-19: Auswahl geeigneter Umsetzungspfade

Der Marktleistungssteckbrief wird durch weitere Informationen einer Anforderungsliste¹⁷ ergänzt. Bei der Auswahl des Umsetzungspfades werden zuerst die Informationen aus dem Marktleistungssteckbrief und der Anforderungsliste genutzt. An dem bereits bekannten Beispiel der Marktleistung *Automatische Nachbestellung von Verbrauchsmaterial* (siehe Abschnitt 4.2.1) wird nachfolgend der Auswahlvorgang exemplarisch erläutert. Es ist aus dem Marktleistungssteckbrief ersichtlich, dass eine Ausprägung des Transformationstreibers „Product Monitoring“ erforderlich ist (1), da die erfassten Daten der Spülmaschine an den Hersteller übertragen werden müssen. In einem nächsten Schritt lässt sich bereits eine Anzahl an Transformationstreibern ausschließen (2). Beispielsweise ist weder eine Optimierung (Transformationstreiber *Optimization*) noch ein Fernzugriff auf die Spülmaschine (*Remote Control*) erforderlich. Die Information aus dem Marktleistungssteckbrief determiniert nicht die Ausprägung des Transformationstreibers. Es ist lediglich *Keine*

¹⁷ Eine Anforderungsliste gehört nach EHRENSPIEL zu den traditionellen Methoden der Aufgabenklärung in der Produktentwicklung [Ehr07, S. 368]. Ein tieferes Verständnis zur Erstellung gibt [FG13], zur Anwendung siehe [Sto10].

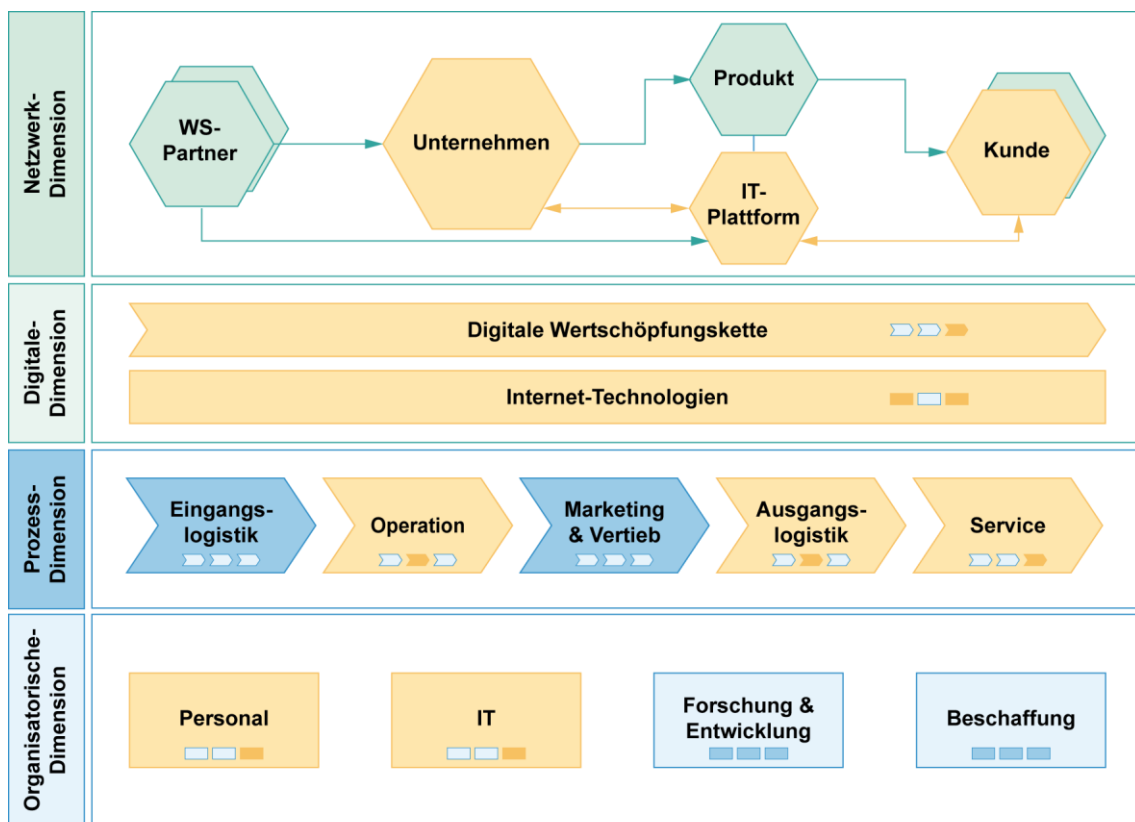
Übertragung aus ersichtlichen Gründen und eine *verfügbarkeitsorientierte Übertragung* aus Gründen regelmäßiger Bestellzyklen auszuschließen. Es stehen weiterhin die *zyklische Übertragung* sowie die *kontinuierliche Übertragung* zu Auswahl. Als Hilfestellung zur Auswahl dient das *Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen*. Dies stellt Aufwand und Nutzen der Ausprägungen gegenüber und wird in Abschnitt 4.4.1 hergeleitet. Mit Hilfe des Portfolios wird deutlich, dass die *kontinuierliche Übertragung* keinen höheren Nutzen stiftet als die *zyklische Übertragung*, deren Aufwand aber bei weiten übertrifft. Es wird daher die *zyklische Übertragung* ausgewählt (3). Mit Hilfe der Konsistenzmatrix werden an dieser Stelle sämtliche Ausprägungen ausgeschlossen die Inkonsistenz zur *zyklischen Übertragung* sind. Sobald eine Ausprägung eines Transformations-treibers feststeht werden immer sofort inkonsistente Ausprägungen für die weitere Auswahl des Transformationspfades ausgeschlossen. In diesem Fall die *Autonome Steuerung* (4). Mit Hilfe des Portfolios wird anschließend weiter bei Auswahl der entsprechenden Ausprägung des Transformationstreibers „Analytics“ verfahren (5), wobei hier theoretisch sämtliche Ausprägungen infrage kämen. Mit Hilfe der Konsistenzmatrix werden an dieser Stelle konsistente Ausprägungen des Treibers „Alerting“ ausgewählt(6). Hier gibt es keine Auswahlhilfe durch den Marktleistungssteckbrief.

Durch das gezeigte Vorgehen können die entsprechenden Ausprägungen identifiziert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um kein stringentes Vorgehen handelt. Auch sind die Ausprägungen nicht immer nur aus einer Informationsquelle abzuleiten noch sind diese hierarchisiert. Ähnlich wie bei der Bewertung der Ausprägungen ist die Auswahl des Umsetzungspfades durch ein interdisziplinäres Team durchzuführen. Die unterschiedlichen Informationsquellen dienen dabei als unterstützende Hilfsmittel, die die Auswahl erleichtern. Ergänzende Informationen können z.B. aus bereits existierenden Lösungen innerhalb des Unternehmens kommen. Oft ergibt sich auch mehr als ein plausibler Umsetzungspfad. Hier ist dann eine Auswahl durch ein Entscheidungsgremium notwendig.

4.4.3 Analyse von Transformationsbereichen

Die Auswahl eines Umsetzungspfades legt die individuellen Auswirkungen auf die bestehende Wertschöpfung fest. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Ausprägungen wurden in Abschnitt 4.3.4 erfasst und müssen nun im Ganzen betrachtet werden, da unterschiedliche Ausprägungen die gleichen Dimensionen oder Variablen betreffen können. Bild 4-20 gibt eine Übersicht über beispielhaft betroffene Bereiche. In Abschnitt 4.2.3 wurde deutlich, dass bei der Beschreibung der originären Wertschöpfung eine zu hohe Granularität kontraproduktiv war. Die Analyse fand auf einem Detaillierungsgrad statt, der mit der Ebene 2 des SCOR-Modells vergleichbar ist. Als Grundlage für die Adaption der Wertschöpfung reicht dies nun nicht mehr aus. Die betroffenen Variablen der Wertschöpfung werden im Folgenden genauer analysiert und erfasst. Als Orientierungshilfe dienen die SCOR-Ebenen 3 und 4 (siehe Bild 4-10). Allerdings macht das SCOR-Modell keine Vorschläge für die Ebene 4, da diese zu unternehmensindividuell sind und sich

nicht mehr auf ein allgemeingültiges Level abstrahieren lassen. Zur detaillierten Analyse der Wertschöpfung bieten sich unterschiedliche Methoden und Werkzeuge an. Insbesondere für die Analyse der Netzwerk-, der Digitalen- und der Prozessdimension eignet sich die in Kapitel 3.1 vorgestellten Methoden OMEGA oder die Methode zur Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI [GWE+17]. Eine Übersicht über beispielhafte Methoden und Werkzeuge zur Analyse der unterschiedlichen Dimensionen lässt sich dem Anhang (siehe Bild A-17) entnehmen. Das Ergebnis ist eine Prozesslandkarte der bestehenden Wertschöpfung, die um weitere relevante Informationen, insbesondere bzgl. der Organisatorischen-Dimension, zu erweitern ist. Die Prozesslandkarte betrachtet ausschließlich solche Bereiche der Wertschöpfung, die durch eine Realisierung der zukünftigen Marktleistungen betroffen sind (Bild 4-21).



Legende

durch die Marktleistung betroffene Bereiche

Bild 4-20: Identifizierte Bereiche zur Tiefenanalyse und Gestaltung

Im Normalfall sind die grundlegenden Prozesse und Strukturen bereits in den Unternehmen vorhanden. Die Umstrukturierung der Prozesse in der Netzwerk-, Prozess- und Organisatorischen-Dimension stellt eine Aufgabe dar, welcher Unternehmen in der Regel gewachsen sind. Die Grundlage der Anpassung ist die vorangegangene Identifizierung der entsprechenden Bereiche. Die Herausforderung besteht in der Gestaltung der Variablen, die bisher nicht im Unternehmen vorhanden sind. Diese lassen sich ebenfalls über

die Auswirkungsanalyse identifizieren. Haben einzelne Ausprägungen der Transformati-onstreiber direkte oder indirekte Auswirkungen auf Variablen, die in der Spezifikation der originären Wertschöpfung nicht identifiziert wurden, gilt es diese Bereiche komplett neu zu gestalten.

Die Gestaltung der Wertschöpfung basiert auf Fähigkeiten vernetzter Produkte die insbesondere auf eine neue technologische Infrastruktur angewiesen sind (siehe Abschnitt 3.3.12). Diese besteht aus den drei Blöcken Produkt, Netzanbindung und Produkt-Cloud¹⁸ [PH15, S.7]. Das Produkt stellt die digitalisierte hybride Marktleistung dar und muss bei der Gestaltung nicht direkt betrachtet werden. Von Interesse sind jedoch die virtuellen Wertschöpfungsprozesse, die durch die Marktleistung realisiert werden oder für diese erforderlich sind. Des Weiteren ist die Anbindung und Integration der Plattform von Interesse. Die genannten Aspekte lassen sich primär der Digitalen-Dimension zuordnen, zu den anderen Dimensionen bestehen in der Regel Schnittstellen oder indirekte Verbindungen, bspw. erforderliche Kompetenzen der Mitarbeiter. Zur Gestaltung der Digitalen-Dimension steht eine unüberschaubare Vielzahl an Möglichkeiten zur Verfügung, die nicht immer sinnvoll zu kombinieren sind. Im Folgenden sollen daher bewährte Referenzlösungen genutzt werden, um die Wertschöpfung schnell und effizient anhand von bewährtem Lösungswissen zu gestalten.

4.4.4 Referenzlösungen für die Gestaltung der Wertschöpfung

Referenzlösungen beschreiben mögliche Lösungen eines aufgespannten Problemraumes. Sie beinhalten konkrete Umsetzungsvorschläge, in dem sie durchzuführende Prozesse und Funktionen aufzeigen sowie Hinweise über Schnittstellen zu vorhandenen Unternehmensprozessen und -systemen geben. Grundlage der Referenzlösungen sind abstrahierte reale Anwendungsbeispiele. Zusätzlich zu den analysierten Smart-Service-Beispielen aus Abschnitt 4.3.1 sind weitere Anwendungsbeispiele betrachtet worden. Eine umfassende Übersicht über Industrie 4.0-Anwendungen bietet die Plattform Industrie 4.0 über ihre Homepage an¹⁹. Hier wurden in einer Landkarte über 280 Beispiele aus der Praxis für in Deutschland bestehende Industrie 4.0-Lösungen und -Anwendungen dargestellt. Es ist damit die umfangreichste und bekannteste veröffentlichte Sammlung in der Praxis umgesetzter Industrie 4.0-Anwendungen. Input Lieferanten dieser Landkarte sind Unternehmen, die ihre erfolgreichen Industrie 4.0-Implementierungen dokumentieren und der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen. Prinzipiell lassen sich die dargestellten Projekte in Anwendungsbeispiele und Produktbeispiele unterscheiden. In Anwendungsbeispiele wurden unterschiedliche Aspekte von Industrie 4.0 umgesetzt. Produktbeispiele sind hingegen konkrete Technologien oder Methoden die eingesetzt wurden, um Aspekte von

¹⁸ Im Folgenden als Plattform bezeichnet.

¹⁹ Abrufbar unter [Pla17-ol]

Industrie 4.0 zu realisieren. Für die Recherche von Referenzlösungen sind einige der Anwendungsbeispiele von Interesse. Anhand unterschiedlicher Kriterien ergeben sich Cluster relevanter Anwendungsbeispiele. Dazu gehören solche, die sich mit *Datengetriebener Wartung*, *Transparenz in der Wertschöpfung*, *Remote Services*, *Datenbrillen* sowie *Digitaler Kollaboration* [FGH18, S. 23f.] befassen. Eine weitere Informationsquelle waren unterschiedliche Projekte, die im Zuge des Forschungsprojektes GEMINI durchgeführt und betrachtet wurden [GWE+17, S.11]. Die Beispiele wurden analysiert und ausgewertet. Der Fokus lag dabei auf Referenzlösungen für Transformationstreiber, daher wurde für jeden Transformationstreiber eine Referenzlösung entwickelt. Diese lässt sich in unterschiedlichen Ausbaustufen für die verschiedenen Ausprägungen nutzen. Zur Dokumentation der einzelnen Referenzlösungen wurde der in Bild 4-21 dargestellte Steckbrief entwickelt. Dieser zeigt eine Referenzlösung für den Transformationstreiber *Product-Monitoring*.

Die Steckbriefe der anderen Transformationstreiber sind dem Anhang zu entnehmen (siehe Bild A-18 bis Bild A-26). Kern eines jeden Steckbriefs ist die **Prozessdarstellung**. Diese gibt einen Überblick über die an der Wertschöpfung beteiligten Wertschöpfungseinheiten und -prozesse. Des Weiteren werden die Interaktionsbeziehungen zwischen den einzelnen Einheiten und Prozessen aufgezeigt. Die Prozessdarstellung wird durch eine Aufzählung der **Schnittstellen zu Unternehmenssystemen** ergänzt. Zusätzlich werden **Schlüsselaktivitäten** und **Schlüsselpartner** für die Umsetzung aufgeführt. Schlüsselaktivitäten beschreiben die wichtigsten Aufgaben, die zur Realisierung der Referenzlösung durchgeführt werden müssen [AT03, S.48ff.]. Deren Umsetzung ist für die zukünftige Wertschöpfung elementar. Die Schlüsselpartner beschreiben wichtige Partner und Zulieferer die eingebunden werden [CR02, S.533ff.].

Nicht alle erforderlichen Funktionen sind dabei im Unternehmen zu realisieren. Bei der Nutzung von Kommunikationsplattformen können einige Funktionen bereits von dem Provider übernommen und somit direkt durch die Plattform ausgeführt werden. Diese **Funktionen der Software-definierten Plattform** lassen sich ebenfalls dem Steckbrief entnehmen. Eine Übersicht ist im Anhang dargestellt (siehe Bild A-27). Ergänzt wird der Steckbrief durch eine kurze **Beschreibung** der Referenzlösung sowie durch den Kontext, in dem die sie Anwendung findet.

Mit Hilfe der Referenzlösungen lassen sich solche Bereiche der Wertschöpfung initial gestalten, die vorher nicht im Unternehmen vorhanden waren. Die Schnittstellen geben Hinweise auf angrenzende Bereiche und Unternehmensprozesse, die zur Realisierung der zukünftigen Marktleistung adaptiert werden müssen. Des Weiteren determinieren sie die zugehörige Aufbauorganisation.

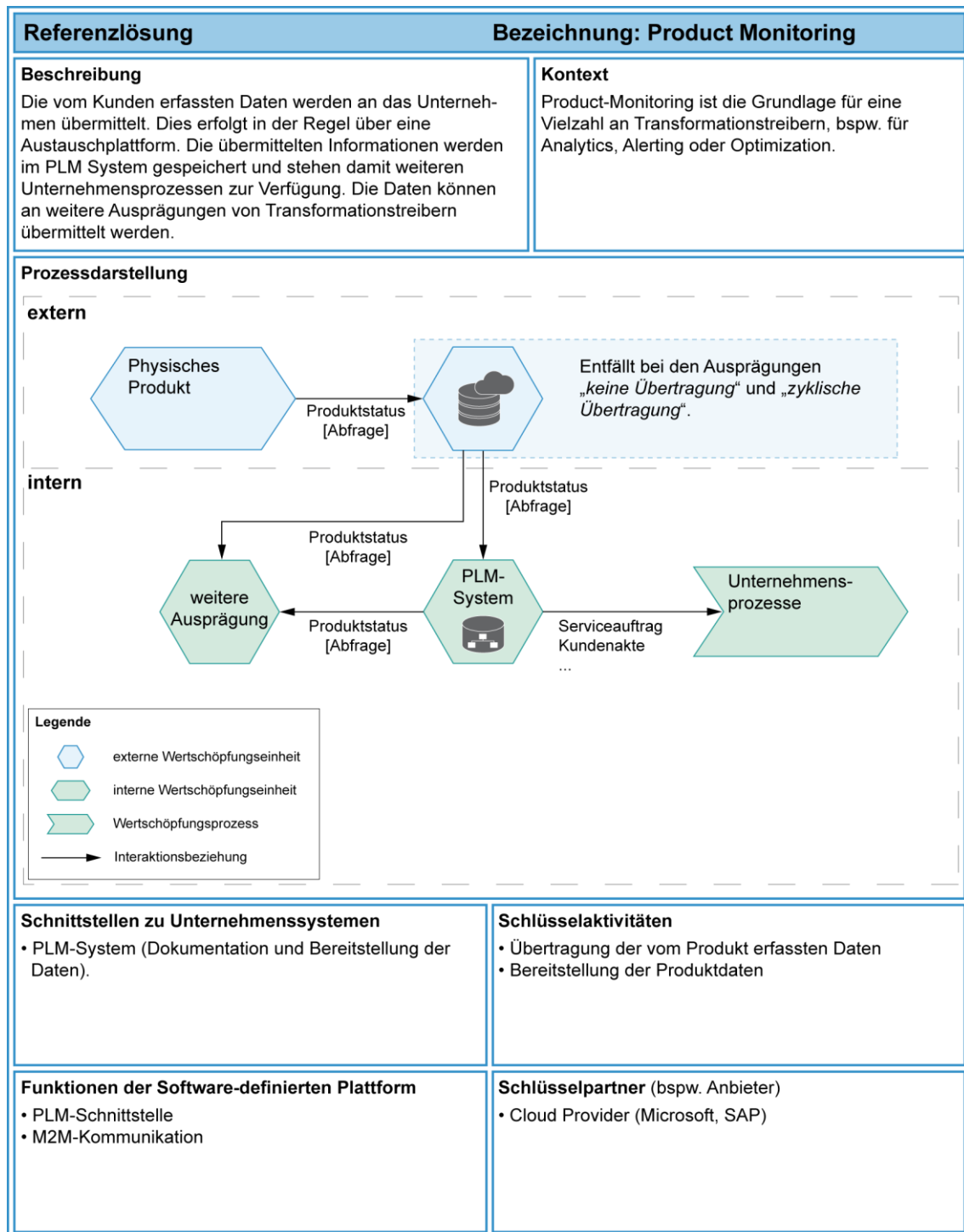


Bild 4-21: Steckbrief für Referenzlösungen zur Adaption der Wertschöpfung

Bei der sich anschließenden ganzheitlichen Gestaltung des Wertschöpfungssystems müssen die beschriebenen Referenzlösungen zu konsistenten Wertschöpfungssystemen verknüpft und im Hinblick auf die zukünftige Marktleistung unternehmensspezifisch detailliert werden. Aus den zuvor abstrakt beschriebenen Referenzlösungen werden unternehmensspezifische Wertschöpfungsprozesse. Weitere Hilfsmittel sind die in Abschnitt 4.2.3

beschriebenen Standardausprägungen. So werden einzelne Objekte und Prozesse detailliert und zu einem leistungsstarken Wirkgefüge verbunden. Grundsätzlich stehen diese in Relation zueinander, doch erst durch die Verbindung der Einheiten und Standardausprägungen entstehen die erforderlichen Wirkzusammenhänge. Das in diesem Absatz beschriebene Vorgehen wurde im Forschungsprojekt GEMINI entwickelt; ferner stellt die erarbeitete Modellierungssprache die entsprechende Syntax bereit, um Prozesse, Referenzlösungen und Wertschöpfungseinheiten zu verketteten (siehe Abschnitt 3.1.3).

4.4.5 Planung der Umsetzung

Zur konkreten Umsetzungsplanung empfiehlt sich der sogenannte *Master Plan of Action (MPoA)* (Bild 4-22). Die Vielzahl an Maßnahmen erfordert eine Verdichtung, die zu der plakativen Darstellung führt. Die Darstellung eignet sich als zentrales Kommunikationsinstrument im Rahmen der Umsetzungsplanung und der Transformation über alle Ebenen des Unternehmens hinweg. Dies ist insbesondere bei der Adaption der Wertschöpfung von Bedeutung, da diese alle Unternehmensebenen und in der Regel viele Mitarbeiter betrifft. Die Adaption kann nur erfolgreich sein, wenn jeder Mitarbeiter seine Rolle und Aufgaben im gesamten Vorgehen erkennt und befolgt [GP14, S. 212].

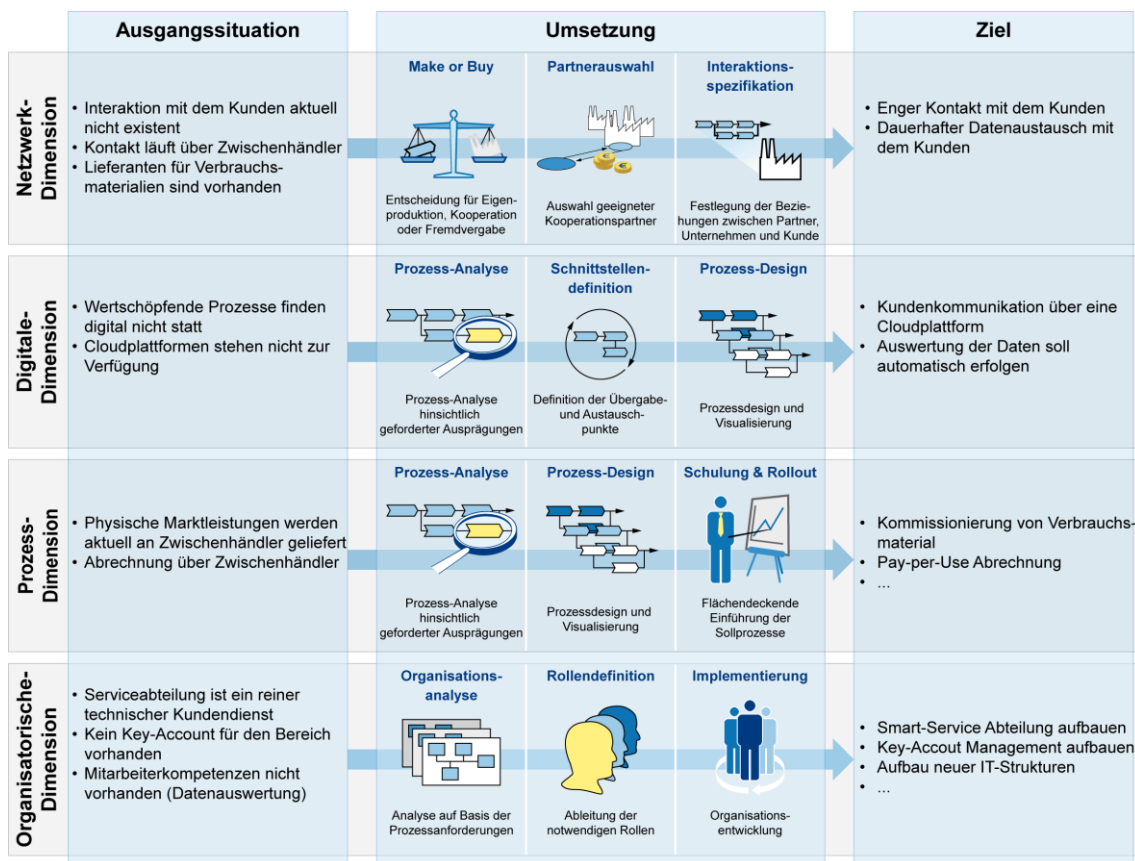


Bild 4-22: Beispielhafter Master Plan of Action für die Netzwerk-, Digitale-, Prozess-, und Organisatorische-Dimension in Anlehnung an [GP14, S.213]

In dem in Bild 4-22 dargestellten Beispiel beschreibt der MPoA zunächst die Ausgangssituation hinsichtlich der bekannten Dimensionen (Netzwerk-, Digitale-, Prozess-, und Organisatorische-Dimension). Im Rahmen der Netzwerkdimension wird unter anderen das Ergebnis der Analyse Wertschöpfung festgehalten, dass derzeit keine Interaktion mit dem Kunden existent ist. Auf der rechten Seite wird der erarbeitete Zielzustand definiert. So soll beispielsweise in der Digitalen-Dimension die Kundenkommunikation über eine Cloud-Plattform realisiert werden. Dies sind Ergebnisse aus der Planung des Umsetzungspfads. Letztendlich beschreibt die Umsetzung den Weg von der Ist- zur Soll-Situation. Hierfür werden konkrete Konsequenzen und Maßnahmen definiert und kommuniziert. Sie dienen als Grundlage für den sich anschließenden Umsetzungsprozess.

4.5 Vorgehensmodell zur Gestaltung der Wertschöpfung

Gegenstand dieses Abschnitts ist ein Vorgehensmodell zur Adaption der Wertschöpfung in Hinblick auf Veränderungen der Marktleistung. Ziel ist die Anpassung der bestehenden Wertschöpfung, um zukünftig digitalisierte hybride Marktleistungen realisieren zu können. Der Fokus liegt dabei auf dem Maschinen- und Anlagenbau kleiner und mittlerer Unternehmen. Das Vorgehensmodell beschreibt detailliert die durchzuführenden Tätigkeiten und steuert den Einsatz der Hilfsmittel. Es orientiert sich dabei an dem 4-Ebenen-Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung nach GAUSEMEIER und unterstützt bei dem Übergang von der Phase „Strategien“ in die Phase „Prozesse“ (siehe Bild 2-16) [GP14, S. 38]. Ausgangspunkt sind die Ergebnisse der Geschäftsmodellplanung: Eine geplante und konzipierte digitalisierte hybride Marktleistung. Die Systematik stellt die Schnittstelle zur detaillierten Ausgestaltung der Wertschöpfungsprozesse dar.

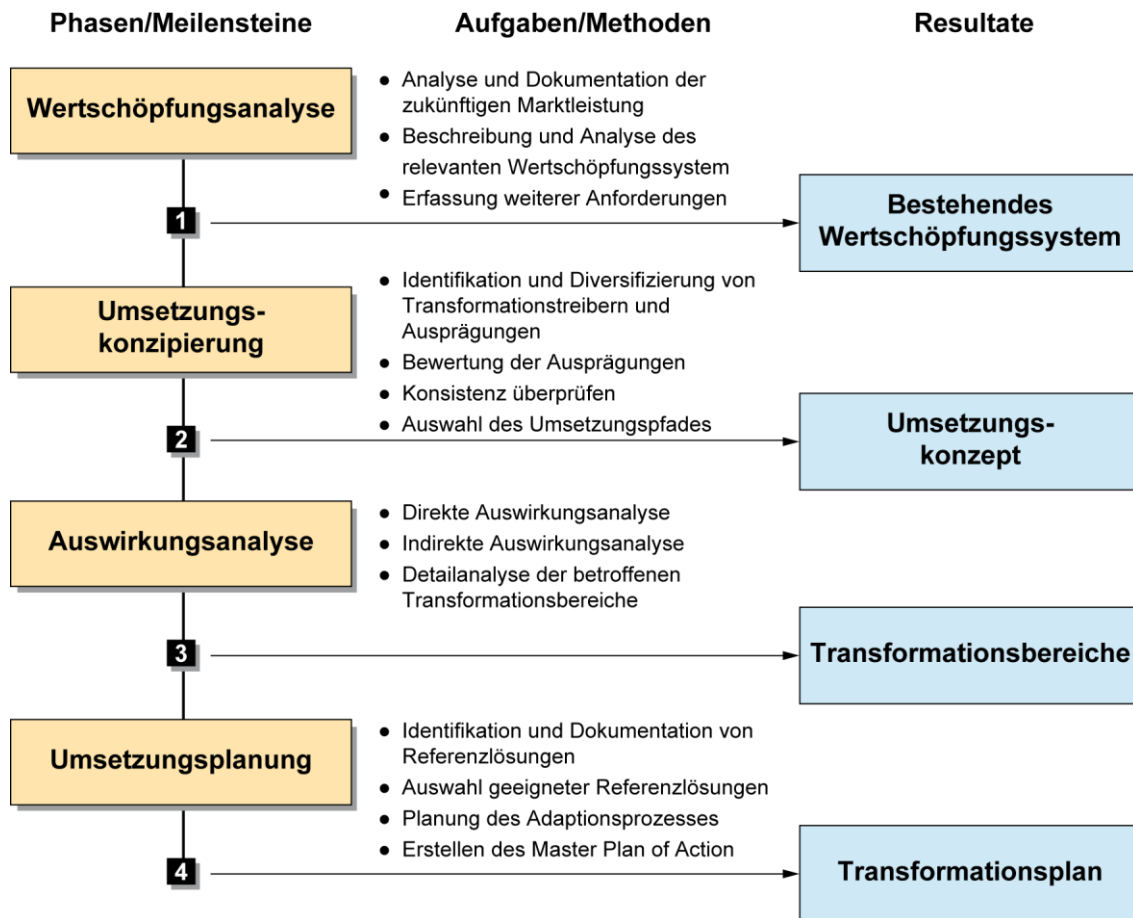


Bild 4-23: Vorgehensmodell der Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen

Das Vorgehensmodell gliedert sich in vier aufeinander folgende Phasen, in denen die Variablen zur Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung, die Transformationstreiber und deren Ausprägungen zur Analyse der Auswirkungen sowie die Hilfsmittel zur Adaption unterstützend eingesetzt werden. Bild 4-23 verdeutlicht den Ablauf der Phasen, Aufgaben und Resultate, die nachfolgend beschrieben werden.

4.5.1 Phase 1: Wertschöpfungsanalyse

Die Ergebnisse der strategischen Planung und Konzipierung von hybriden Marktleistungen sind die Grundlage für die angestrebte Adaption der Wertschöpfung. Sie bilden zusammen mit der bestehenden Wertschöpfung den Ausgangspunkt der ersten Phase. Die geplante und konzipierte zukünftige Marktleistung gilt es zunächst zu analysieren und in einem geeigneten Rahmen zu dokumentieren (siehe Abschnitt 4.2.1). Sie ist die Grundlage für die spätere Adaption der Wertschöpfung. Die beschriebene Marktleistung gibt einen ersten Hinweis auf die Systemgrenzen, in denen die Adaption stattfinden soll. Nicht alle Wertschöpfungsprozesse des Unternehmens sind dabei relevant.

Die Grenzen in denen die Wertschöpfung adaptiert werden, gilt es im Folgenden durch die Analyse des originären Wertschöpfungssystems zu konkretisieren. Es ist ratsam, ein interdisziplinäres Team zusammenzustellen, welches die Marktleistungssicht und auch die Wertschöpfungssicht vertritt. Ziel ist die objektive Beschreibung des Ausgangszustandes. Dazu werden in den verschiedenen Dimensionen die einzelnen Objekte betrachtet. Zur Hilfestellung werden die in Abschnitt 4.2.2 präsentierten Variablen genutzt, um die entsprechenden Bereiche nach einem standardisierten Schema zu identifizieren. Ergänzende Hilfsmittel zur Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung sind u. a. das Supply-Chain-Operations-Reference-Modell (SCOR-Modell), Standardausprägungen sowie die Modellierungssprachen OMEGA und die Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI.

Die Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung grenzt bereits den Gestaltungsbereich ein. So werden ausschließlich solche Wertschöpfungsaktivitäten und Bereiche betrachtet, die für ein hybrides Wertschöpfungssystem von Interesse sind (siehe Abschnitt 4.2.2). Der Steckbrief zur Analyse der zukünftigen Marktleistung wird in dieser Phase noch um eine Anforderungsliste erweitert. Diese ergänzt den Steckbrief um unternehmensspezifische Rahmenbedingungen, die sich oft aus dem Unternehmensleitbild oder der Strategie ableiten lassen.

Zusammenfassend werden in dieser Phase folgende Hilfsmittel eingesetzt:

- Steckbrief zur Beschreibung zukünftiger Marktleistungen (siehe Abschnitt 4.2.1)
- Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Wertschöpfungsdimensionen (siehe Abschnitt 4.2.2; Anhang A2.1)

Resultat von Phase eins ist eine spezifizierte zukünftige Marktleistung sowie eine standardisierte Übersicht über die bestehende Wertschöpfung in der Netzwerk-, Digitalen-, Prozess- und Organisatorischen Dimension sowie deren Verknüpfungen. In ihrer Gesamtheit bilden sie das bestehende Wertschöpfungssystem.

4.5.2 Phase 2: Umsetzungskonzipierung

Ziel der Phase „Umsetzungskonzipierung“ sind geeignete Ausprägungen der Transformationstreiber zur Realisierung der zukünftigen Marktleistung. Zu Beginn werden die bestehenden Transformationstreiber und deren Ausprägungen auf ihre Aktualität und Vollständigkeit hin überprüft. Als Hilfsmittel dient das *Vorgehensmodell zur Identifikation von Transformationstreibern* (siehe Abschnitt 4.3.1).

Anschließend erfolgt die reguläre Konzipierung des Umsetzungspfads. Ausgangspunkt ist der *Steckbrief zur Beschreibung zukünftiger Marktleistungen* (siehe 4.2.1) und die in Phase 1 erstellte Anforderungsliste. Diese determinieren in eine initiale Auswahl an geeigneten Transformationstreibern und deren Ausprägungen. Neben der Auswahl einiger Transformationstreiber werden auch erste Treiber ausgeschlossen. Zur Unterstützung der

Auswahl weiterer Ausprägungen dient das „*Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen von Transformationstreibern*“ (siehe Abschnitt 4.4.1).

Hierzu gilt es zunächst geeignete Kriterien zur Bewertung zu spezifizieren. Mögliche Kriterien sind die Akzeptanz einer Kostenabschätzung, die technische Attraktivität (bspw. ob die Ausprägung für weitere Marktleistungen genutzt werden kann) oder die Integrationsfähigkeit in das eigene Wertschöpfungssystem. Die Kriterien werden unternehmensindividuell erfasst. Bei einer hohen Anzahl von Kriterien ist es zudem sinnvoll, eine Gewichtung dieser vorzunehmen. Die sich anschließende Bewertung erfolgt von Experten im Unternehmen. In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll, ebenfalls das Konzept einer Nutzwertanalyse zu verwenden (siehe [Zan70], [FG13, S. 390]). Die Gegenüberstellung mit dem Auswirkungsindex (vgl. Abschnitt 4.3.4) ergibt das bei der Auswahl unterstützende Portfolio.

Als weiteres Hilfsmittel zur Auswahl dient die Konsistenzmatrix (siehe Abschnitt 4.3.3). So können zueinander inkonsistente Ausprägungen ausgeschlossen, sowie sich gegenseitig begünstigende oder auch erforderliche Ausprägungen identifiziert werden.

Zusammenfassend werden in dieser Phase folgende Hilfsmittel eingesetzt:

- Steckbrief zur Beschreibung zukünftiger Marktleistungen (siehe Abschnitt 4.2.1)
- Transformationstreiber und deren Ausprägungen (siehe Abschnitt 4.3; Anhang A2.3)
- Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen von Transformationstreibern (siehe Abschnitt 4.4.1)
- Konsistenzmatrix zur paarweisen Bewertung der Ausprägungen (siehe Abschnitt 4.3.3)

Resultat dieser Phase ist ein unternehmensindividuelles Umsetzungskonzept zur Realisierung der zukünftigen Marktleistung in ein Wertschöpfungssystem. Dieses basiert auf einzelnen Ausprägungen verschiedener Transformationstreiber.

4.5.3 Phase 3: Auswirkungsanalyse

Aufbauend auf dem in Phase zwei erarbeiteten Umsetzungskonzept werden in dieser Phase die von der angestrebten Umsetzung betroffenen Bereiche (Variablen; siehe Abschnitt 4.2.2) identifiziert und detaillierter analysiert. Im Fokus stehen dabei solche Variablen, die direkt und indirekt von den Änderungen betroffen sind. Als Hilfsmittel dient dabei die „*Analyse der direkten Auswirkungen*“ (siehe Abschnitt 4.3.4).

Die direkte Auswirkungsanalyse wird anschließend durch eine indirekte ergänzt. Diese berücksichtigt unternehmensindividuelle Besonderheiten und wird gesondert für jedes Unternehmen durchgeführt. Ziel ist die Identifikation von Wertschöpfungsvariablen, die sich durch Veränderungen anderer Variablen ebenfalls ändern. Als Unterstützung dient

dabei eine Einflussmatrix (siehe Abschnitt 3.2.2). In dieser werden die in der Spezifikation der originären Wertschöpfung erfassten und für das jeweilige Unternehmen relevanten Variablen gegenübergestellt. Die Ergebnisse der indirekten Auswirkungsanalyse werden im Zusammenhang mit der direkten Einflussanalyse gesehen. So wird durch die direkte Einflussanalyse deutlich, welche Variablen durch die Realisierung einer einzelnen Ausprägung beeinflusst sind. Im zweiten Schritt wird erfasst, welche weiteren Variablen durch die Ausprägung indirekt betroffen sind. Es ergeben sich Kausalketten von Variablen, die jeder Ausprägung zuzuweisen sind. Sind Variablen betroffen, die in der bestehenden Wertschöpfung des Unternehmens nicht identifiziert wurden, sind diese Bereiche in Phase 4 zu planen.

Anschließend werden die betroffenen Variablen detaillierter betrachtet und analysiert. Als Orientierungshilfen können dabei beispielsweise die SCOR Ebenen 3 und 4 dienen (siehe Abschnitt 3.1.1). Zur detaillierten Analyse der Wertschöpfung bieten sich weitere unterschiedliche Methoden und Werkzeuge an. Diese können dem Anhang entnommen werden (siehe A2.4).

Zusammenfassend werden in dieser Phase folgende Hilfsmittel eingesetzt:

- Auswirkungsmatrix zur Bestimmung der direkten Auswirkungen (siehe Abschnitt 4.3.4)
- Indirekte Auswirkungsanalyse
- Methoden zur Analyse der Wertschöpfung (siehe A2.4)

Resultat der Phase sind identifizierte Transformationsbereiche, in denen die bestehende Wertschöpfung transformiert werden muss.

4.5.4 Phase 4: Umsetzungsplanung

Die abschließende Phase des Vorgehensmodells ist die Umsetzungsplanung. Hier stehen insbesondere solche Variablen im Fokus, die für die Realisierung der Marktleistung benötigt werden, jedoch noch nicht im Unternehmen vorhanden sind. Als Hilfsmittel zur Gestaltung dienen hier Referenzlösungen bereits realisierter Lösungen. Diese enthalten konkrete Umsetzungsvorschläge in dem diese durchzuführende Prozesse und Funktionen aufzeigen sowie Hinweise zu Schnittstellen zu vorhandenen Unternehmensprozessen und -Systemen geben (siehe Abschnitt 4.4.4; Anhang A2.5). Es wird empfohlen, die bestehenden Referenzlösungen auf Ihre Aktualität zu überprüfen und diese gegebenenfalls zu aktualisieren. Weitere Referenzlösungen werden anhand des vorgegebenen Schemas dokumentiert.

Nach der Auswahl der entsprechenden Referenzlösungen werden diese zu konsistenten Wertschöpfungssystemen verknüpft und in Hinblick auf die zukünftige Marktleistung unternehmensspezifisch detailliert. Dabei werden aus den zuvor abstrakt beschriebenen Referenzlösungen unternehmensspezifische Wertschöpfungsprozesse.

Die Planung der weiteren Umsetzung erfolgt anhand eines *MPoA*. Dieser verdichtet die Vielzahl an Informationen und organisiert so die Planung der Adaption der Wertschöpfung in den einzelnen Phasen. Es ist der Weg der Umsetzung von der Ist- zur Soll-Situation zu beschreiben. Dafür sind konkrete Konsequenzen und Maßnahmen zu definieren, die wiederum Grundlage für den sich anschließenden Umsetzungsprozess sind.

Zusammenfassend werden in dieser Phase folgende Hilfsmittel eingesetzt:

- Referenzlösungen zur Adaption der Wertschöpfung (siehe Abschnitt 4.4.4; Anhang A2.5)
- Master Plan of Action zur Planung des Umsetzungsprozesses (siehe Abschnitt 4.5.4)

Resultat der Phase ist ein fundierter Transformationsplan zur Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfung.

5 Anwendung der Systematik und Bewertung

In diesem Kapitel wird die *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen* erprobt. Die Validierung in Abschnitt 5.1 erfolgt anhand einer hybriden Marktleistung eines Anbieters metallbasierter additiver Fertigungstechnologie. Der Fokus der Marktleistung liegt auf dem Betrieb einer B2B-Plattform zur automatischen Auftragsvergabe. Da die einzelnen Bestandteile der Systematik im Rahmen des *Vorgehensmodells* zum Einsatz kommen, erfolgt die Validierung gemäß dessen Phasen (siehe Abschnitt 4.5). Abschnitt 5.2 bildet den Abschluss des Kapitels. Es werden die erarbeiteten und validierten Inhalte der Systematik anhand der Anforderungen aus der Problemanalyse (siehe Abschnitt 2.6) bewertet.

5.1 Anwendungsbeispiel: B2B-Plattform für Additive Fertigung

Die Validierung des *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen* erfolgt beispielhaft an einer B2B-Plattform für additiver Fertigungstechnologie.

Unter Additive Fertigung versteht man das Herstellen von Bauteilen durch den schichtweisen Auftrag von Material aus formlosem Rohstoff, zum Beispiel Metallpulver. Ausgangspunkt ist ein digitaler Datensatz, in der Regel ist dies ein 3D-CAD-Modell. Beim Einsatz additiver Fertigungsverfahren wird ein dreidimensionales Fertigungsproblem in Schichten zerlegt und somit die gewünschte Geometrie Schicht für Schicht hergestellt. Objekte mit sehr variablen Formen können so „gedruckt“ werden [aca16, S. 6]. Die Bauteilherstellung basiert auf der Zugabe von Material – im Gegensatz zu subtraktiven Verfahren wie dem Fräsen. So wird die Herstellung von Bauteilen ermöglicht, die mit konventionellen Fertigungsverfahren nicht ohne weiteres herstellbar sind. Weiter besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Bauteile auf die gleiche Art und Weise mit nur einer Anlage zu fertigen, ohne dass die Bauteilkomplexität einen Einfluss auf den Herstellungsprozess hat. Im Vergleich zu konventionellen Fertigungsverfahren ergibt sich somit ab einer gewissen Komplexität und in Abhängigkeit zur Stückzahl sowie Bauteilgröße eine höhere Wirtschaftlichkeit. Beispiele dafür sind individuell geformte Prothesen oder Spritzgusswerkzeuge mit integrierten Kühlkanälen [GEK11], [GLG08, S. 29ff.], [Zäh04].

Bei Additiver Fertigung handelt es sich nicht um eine einzelne Technologie, sondern vielmehr um ein facettenreiches Technologiefeld [aca16, S. 9]. Additive Fertigungsverfahren unterscheiden sich in Form und Art des Ausgangsstoffes sowie der Fertigungstechnologie. Dabei kann die Fertigung auf unterschiedliche Arten erfolgen z.B. laser-basiert: *Laser Sintern* von Kunststoffpulver oder *Laser Melting* von Metallpulver. Bei allen Fertigungsverfahren müssen zu Beginn des Bauprozesses die vorliegenden 3D-Daten des Bauteils in ein entsprechendes Format aufbereitet werden. Dort werden aus den Bauteildaten die für die Fertigung notwendigen Schichten generiert und im Bauraum ausgerichtet. Die

Fertigung des Bauteils erfolgt dann Schicht für Schicht mittels der jeweiligen Funktionsprinzipien.

Im Rahmen dieser Arbeit wird eine B2B-Plattform, die das Übertragen und Bearbeiten von CAD-Daten sowie die Anfertigung individueller Bauteile über das Internet ermöglicht, betrachtet. Die Plattform dient dabei als Vermittler von Bauteilaufträgen und Produktionskapazitäten. Eine Vision der Marktleistungsidee ist in Bild 5-1 dargestellt. An diesem Beispiel wird nachfolgend gezeigt, wie eine Gestaltung der Wertschöpfung mit Hilfe der Systematik erfolgt.

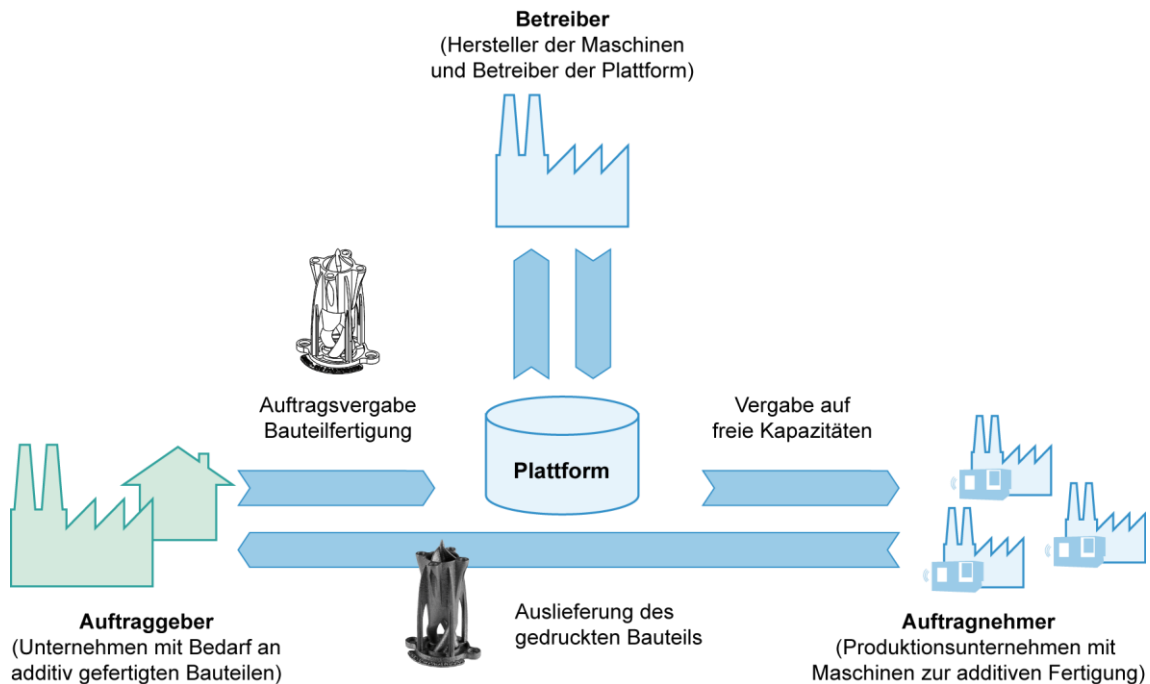
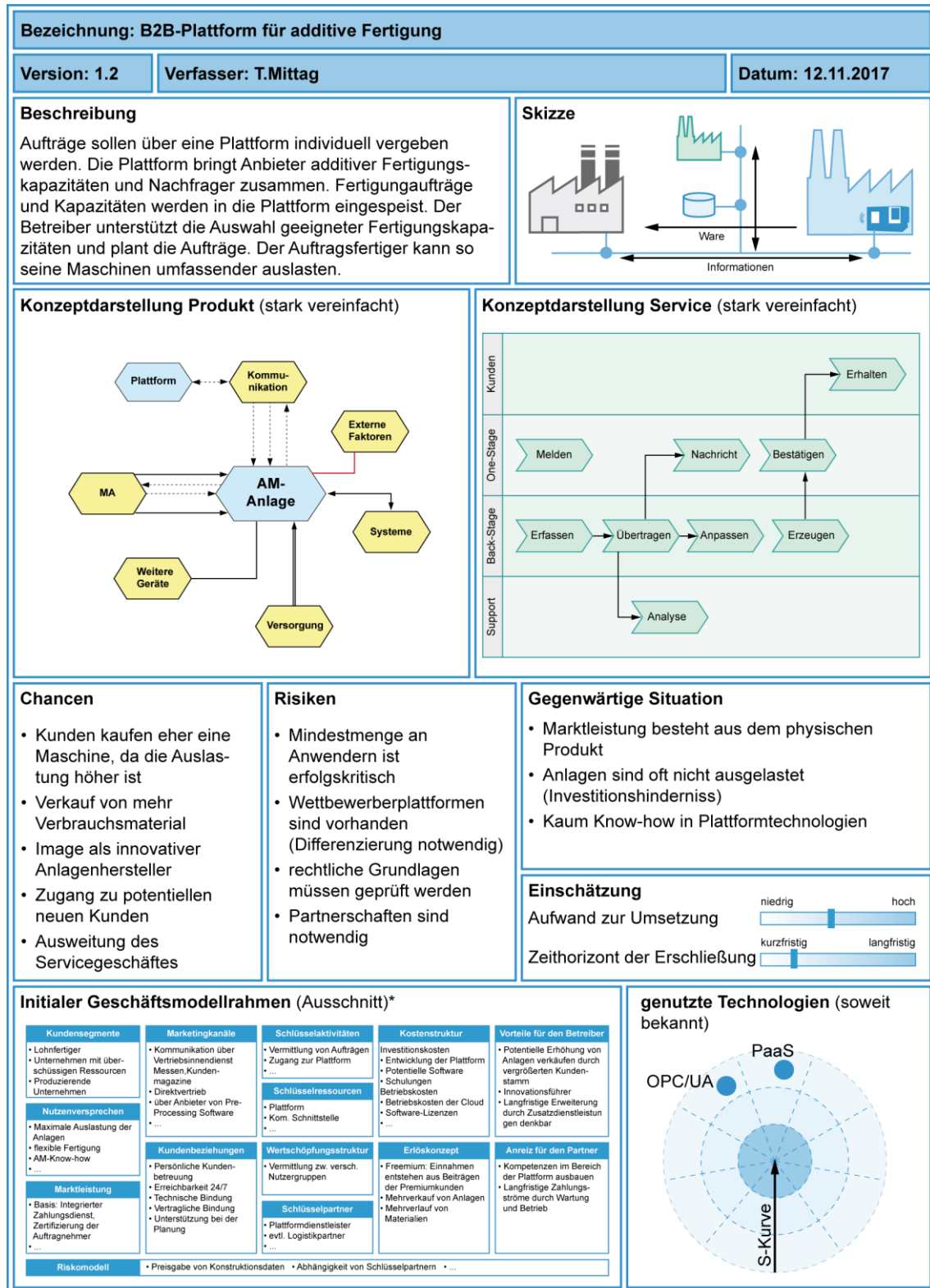


Bild 5-1: Vision einer B2B-Plattform für additive Manufacturing nach [GWE+17, S. 38]

5.1.1 Phase 1: Wertschöpfungsanalyse

Die erste Phase fokussiert die Spezifikation der Wertschöpfungsstruktur. Diese setzt sich aus der zukünftigen Marktleistung und der originären Wertschöpfung zusammen. Die Planung und Konzipierung der zukünftigen Marktleistung ist Teil der strategischen Produktplanung und eine dieser Systematik vorgelagerte Tätigkeit.

Ausgangspunkt der betrachteten Marktleistung, welche in Bild 5-2 mithilfe eines Steckbriefs dargestellt ist, stellt die gegenwärtige Situation eines Anbieters von Anlagen mit metallbasierter additiver Fertigungstechnologie dar. Hohe Investitionskosten für entsprechende Anlagen sind derzeit noch Hindernisse bei dem Verkauf. Wegen der hohen Investitionskosten müssen die Anlagen voll ausgelastet werden, um wirtschaftlich betrieben werden zu können. Standzeiten sind teuer und die meisten Unternehmen können keine volle Auslastung gewährleisten.



* für eine größere Abbildung siehe Anhang A-27

Bild 5-2: Steckbrief der zukünftigen Marktleistung „B2B-Plattform für additive Manufacturing“ (siehe Anhang Bild A-28)

Eine B2B-Plattform soll das Übertragen und Bearbeiten von CAD-Daten sowie die Anfertigung individueller Bauteile über das Internet ermöglichen. Die Marktleistung ist zunächst für die neuste Generation einer Anlage geplant, da diese über die entsprechenden technologischen Voraussetzungen verfügt.

In dem zukünftigen Geschäftsmodell sollen nicht primär Maschinen des Unternehmens die Bauteile fertigen, sondern Maschinen bei Kunden, die aktuell nicht voll ausgelastet sind. Damit werden Standzeiten reduziert und zusätzliche Erträge erwirtschaftet. Der Betrieb der Maschinen soll so attraktiver und mehr Verbrauchsmaterial verkauft werden. Darüber hinaus haben kleine und mittlere Unternehmen immer öfter Bedarf an additiv gefertigten Bauteilen, jedoch kein Prozess- und Werkstoffknowhow. Es wird in dem Steckbrief erwähnt, dass das Unternehmen aktuell nur ein *geringes Wissen* im Bereich der Plattformtechnologien besitzt. Des Weiteren sind bereits *Wettbewerbsplattformen vorhanden*, so dass eine schnelle Umsetzung unumgänglich ist. Kritische Erfolgsfaktoren sind eine *Mindestmenge an Anwendern* sowie eine dauerhafte Anbindung der sich im Feld befindlichen Maschinen. Chancen bestehen in der Erweiterung der Marktleistung, also dem Angebot der Marktleistung für weitere Anlagen des Herstellers.

Im nächsten Schritt wird die originäre Wertschöpfung des Unternehmens betrachtet. Es ist ratsam, an dieser Stelle ein geeignetes Team zusammenzustellen, das die unterschiedlichen Dimensionen der Wertschöpfung repräsentiert. Dieses besteht aus Experten der Fachbereiche Produktion, Service, Verwaltung, Produktmanagement und IT. Die Zusammenstellung bündelt Wissen über die bestehende Infrastruktur, Prozesse, im Unternehmen vorhandene Kompetenzen sowie den Kunden. Ziel dieser Phase ist, einen Gesamtüberblick über das Unternehmen und die Wertschöpfung zu erhalten. Als Hilfsmittel dienen die Dimensionen der Wertschöpfung und deren Variablen. In Workshops werden daher zunächst die Variablen diskutiert und deren Vorhandensein überprüft. Anschließend werden die wichtigsten Wirkzusammenhänge analysiert. Zur Dokumentation dient das in Bild 5-3 dargestellte Schema.

In der Netzwerk-Dimension lässt sich bereits eine erste Eingrenzung vornehmen. Für die zukünftige Marktleistung ist insbesondere der Kontakt zu dem Kunden von Interesse. Die Herstellung der Anlagen oder die Prozesse zur Beschaffung der Rohstoffe und Komponenten werden hingegen nicht betrachtet. Da es sich bei der Marktleistung im Kern um eine Änderung im Service-Bereich handelt, wird dieser Bereich detaillierter analysiert. Aktuell werden bereits Dienstleistungen im Bereich der Bauteil-Vorbereitung angeboten, wenn auch nur im sehr begrenzten Umfang. Dazu gehört aktuell eine *Machbarkeitsprüfung* (ob ein Bauteil überhaupt additiv gefertigt werden kann), *die Vorbereitung des Bauprozesses* (u. a. Bauteilausrichtung) *die Kalkulation des Bauprozesses* (u. a. Materialmenge.), sowie die *Ausleitung der Parameter* (Schichtdicke, Geschwindigkeit, etc.). Zugehörige Kompetenzen und vorhandene Mitarbeiter mit den entsprechenden Fähigkeiten werden in einem Kompetenzsteckbrief beschrieben. Aktuell verfügt das Unternehmen über keine relevanten Prozesse oder Technologien im Bereich der virtuellen Wertschöpfung. Insbesondere fehlt, eine geeignete IT-Plattform zur Interaktion mit dem Kunden.

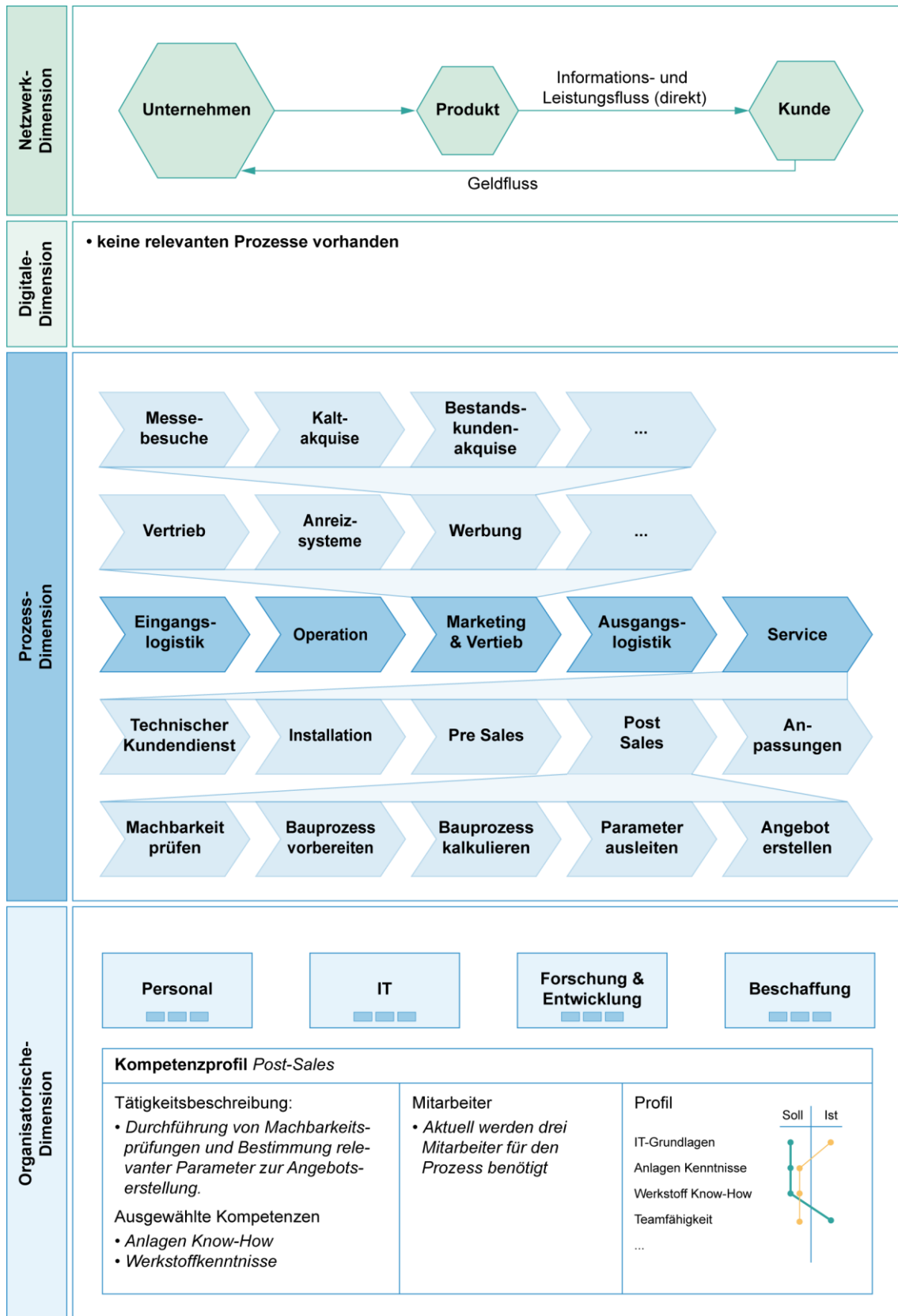


Bild 5-3: Relevantes Wertschöpfungsdimensionen und Variablen eines Herstellers metallbasierter additiver Fertigungstechnologie (Auszug)

Während andere Bereiche angepasst werden können, ist hier eine Neugestaltung notwendig. Die Dokumentation kann an dieser Stelle um begleitende Dokumente erweitert werden. Insbesondere in Workshops bieten sich Methoden wie OMEGA oder die Modellierungssprache für Wertschöpfungsnetzwerke (Abschnitt 3.1) an. Eine anschließende Übertragung der wesentlichen Ergebnisse in das Dokumentationsschema und eine initiale Prozesslandkarte komplettieren die Aufnahme der originären Wertschöpfung.

Als Grundlage für die zweite Phase werden abschließend in Phase eins Anforderungen an die zukünftige Wertschöpfung abgeleitet. Diese spiegeln Restriktionen und Besonderheiten wider, die sich aus unterschiedlichen Bereichen ergeben. Grundsätzlich resultieren die Anforderungen aus den in Bild 5-4 dargestellten Bereichen: der Produktkonzipierung, der Servicekonzipierung, dem originären Wertschöpfungssystem und den unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen der Geschäftsplanung. [MSG+17, S. 47]. Die Anforderungen aus der Produkt- sowie der Servicekonzipierung ergeben sich aus der Planung und Konzipierung der Smart-Services (siehe Abschnitt 4.2.1). Dies sind unter anderem Vorgaben an die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten des Servicekonzepts und entsprechenden Organisationseinheiten des Wertschöpfungssystems.



Bild 5-4: Anforderungsbereiche für die Adaption der Wertschöpfung in Anlehnung an [MSG+17, S. 47]

Die unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen leiten sich aus dem Unternehmensleitbild oder der Strategie ab (siehe [GP14, S. 194f.]). Dies können u. a. die Nutzung lokaler Lieferanten sowie die ausschließliche Nutzung von Cloud-Servern sein, die sich im deutschen Rechtsraum befinden. Anforderungen aus dem bestehenden Wertschöpfungssystem umfassen Vorgaben zu bestimmten Lieferanten oder Partnern, mit denen

weiterhin kooperiert werden soll. Die identifizierten Anforderungen werden in eine Anforderungsliste¹ (Bild 5-5) überführt (siehe [MSG+17, S. 47]). Diese ist als Ergänzung zum Marktleistungssteckbrief zu sehen. Die Anforderungsliste aggregiert diese Informationen und erweitert sie um bisher fehlende Aspekte. Sie ist eine Grundlage für die Auswahl eines geeigneten Umsetzungspfades.

Heinz Nixdorf Institut Fraunhofer IEM			Anforderungsliste	1. Ausgabe 17. Sep. 2017 Blatt: 1 Seite: 1
letzte Änderung	F/W	Nr.	Anforderungen	Bearbeiter
Produktkonzept				
13.09.2017	F	1	Kontinuierliche Erfassung der Auslastung	T.M.
13.09.2017	F	2	Kontinuierliche Erfassung des Materialbestandes	T.M.
14.09.2017	W	3	Reduktion von Ausfallzeiten	L.M.
...
Servicekonzept				
10.09.2017	F	11	Kunde hat dauerhaft eine höhere Auslastung seiner Anlage	L.M.
17.09.2017	F	12	Anlagenparameter werden dem Kunden zur Verfügung gestellt	L.M.
11.09.2017	F	13	Anlagenparameter werden manuell vom Mitarbeiter überprüft	M.M.
...
... Nutzung lokaler Anbieter				T.M.
Bestehende Wertschöpfung				
17.09.2017	F	31	Nutzung bestehender Vertriebskanäle	L.M.
17.09.2017	W	32	Neue Marktleistung kann durch bestehende Mitarbeiter realisiert werden	T.M.
...

Legende

F: Festforderung

W: Wunschforderung

Bild 5-5: Anforderungsliste für die Adaption der Wertschöpfung (Auszug)

Konkrete Anforderungen sind aus den vier genannten Bereichen abzuleiten. Im Validierungsprojekt ist bspw. eine *kontinuierliche Erfassung der Auslastung* des Materialbestandes erforderlich, um kurzfristig Aufträge vergeben zu können. Des Weiteren ist eine *dauerhafte höhere Auslastung* der Anlagen eine Anforderung, die in dem Nutzenversprechen der Marktleistung enthalten ist. Die Anforderungen sind bei der späteren Ausgestaltung der zukünftigen Wertschöpfung zu berücksichtigen und eine Grundlage für die Auswahl eines Umsetzungspfades. Sie eignen sich ebenfalls für das Controlling der Umsetzung.

Als **Resultat** der Wertschöpfungsanalyse liegen eine dokumentierte zukünftige Marktleistung sowie ein geeigneter Überblick über die bestehende Wertschöpfung vor. Des

¹ Eine Anforderungsliste gehört nach EHRENSPIEL zu den Traditionellen Methoden der Aufgabenklärung in der Produktentwicklung [Ehr07, S. 368]. Ein tieferes Verständnis zur Erstellung gibt [FG13], zur Anwendung siehe [Sto10].

Weiteren wurden Anforderungen an die zukünftige Wertschöpfung aus der Marktleistung, der Geschäftsplanung und der originären Wertschöpfung abgeleitet.

5.1.2 Phase 2: Umsetzungskonzipierung

In der zweiten Phase wird die Umsetzung des Transformationsprozesses zur Realisierung der zukünftigen Marktleistung konzipiert. Die Auswahl eines geeigneten Umsetzungspaths hängt neben der Analyse der zukünftigen Marktleistung von dem Umsetzungsaufwand ab. Dieser ist umso höher, je stärker der Einfluss auf die bestehende Wertschöpfung ist, dieser muss allerdings im Verhältnis gesehen werden. Ein hoher Nutzen einer Ausprägung kann den Umsetzungsaufwand schnell amortisieren. Als Entscheidungshilfe dient ein Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen (vgl. Abschnitt 4.4.1). Dieses stellt die Auswirkung auf die Wertschöpfung (vgl. Abschnitt 4.3.4) dem Nutzen der jeweiligen Ausprägung gegenüber.

Für die Bewertung sind zunächst Kriterien des individuellen Unternehmensnutzens zu definieren. Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurden diesbezüglich folgende Kriterien festgelegt: *Alleinstellungsmerkmal* gegenüber der Konkurrenz, das *Marktpotential*, die *technische Attraktivität* (Nutzung der Ausprägung für weitere Produkte) und die *Integrationsfähigkeit* in bestehende Systeme. Der Nutzen einer Ausprägung wird anhand dieser Kriterien bewertet. Für die Bewertung der Ideen wird ein Workshop durchgeführt, bei dem Experten unterschiedlicher Abteilungen beteiligt sind. Dies ist sinnvoll, da die Bewertung hinsichtlich Alleinstellungsmerkmal und Marktpotential z.B. sehr gut durch die Experten aus dem Vertrieb sowie dem Marketing erfolgen kann, während die technische Attraktivität am ehesten durch das Produktmanagement bewertet werden kann. Der Workshop wird so geplant, dass zunächst die Ausprägungen der Transformationstreiber vorgestellt und diskutiert werden und nachfolgend jede einzelne Person die Ausprägungen vollständig bewertet. Nach der Bewertung aller Ausprägungen werden die Ergebnisse der Einzelpersonen diskutiert. Ziel ist es, eine einheitliche Bewertung der Ausprägungen zu erhalten. Im Rahmen der Diskussion werden weitere Bewertungskriterien stets protokolliert. Das Ergebnis des Workshops ist eine Nutzwertmatrix hinsichtlich des individuellen Nutzens der Ausprägungen für das Unternehmen. Die resultierende Nutzwertmatrix ist in Bild 5-6 dargestellt.

Der Nutzen der Ausprägung „keine Übertragung“ (#1.1) wird als relativ gering bewertet. Es besteht hier weder ein Alleinstellungsmerkmal noch ist das Marktpotential sehr hoch. Eine Integration in bestehende Systeme und Produkte des Unternehmens ist jedoch leicht möglich. Im Gegensatz dazu wird der Nutzen einer „zyklischen Übertragung“ (#1.2) als relativ hoch bewertet.

Bewertungskriterien (Zielsystem)	Gewichtung [in %]	Transformationstreiber- Ausprägungen					
		#1 Product Monitoring					
		#1.1 Keine Übertragung		#1.2 Zyklische Übertragung		#1.3 Verfügbarkeits-orientierte Übertr.	
		Bew.	Wert	Bew.	Wert	Bew.	Wert
Nutzen	(100)						
1. Alleinstellungsmerkmal	25	1	0,25	5	1,25	9	2,25
2. Marktpotential	25	2	0,5	7	1,75	5	1,25
3. Technische Attraktivität	40	4	1,6	8	3,2	5	2,0
4. Integrationsfähigkeit	10	7	0,7	4	0,4	3	0,3
Gesamtwert Nutzen			3,05		6,6		5,8

Bild 5-6: Nutzwertmatrix zur Bewertung der Ausprägungen (Auszug) in Anlehnung an [GP14, S. 418]

Insbesondere die technische Attraktivität wird als hoch bewertet, da in Zukunft weitere Anlagen diese Ausprägung nutzen können. Die Ergebnisse der Analyse werden zur besseren Visualisierung in einem Portfolio dem Aufwand gegenüber gestellt. Die Portfolio-darstellung (siehe Bild 5-7) erleichtert anschließend die Auswahl von Ausprägungen zur Transformation der Wertschöpfung. Es wird deutlich, dass bspw. die zyklische Übertragung und die kontinuierliche Übertragung einen gleich hohen Aufwand bei der Umsetzung aufweisen, der Nutzen der zyklischen Übertragung jedoch höher ist.

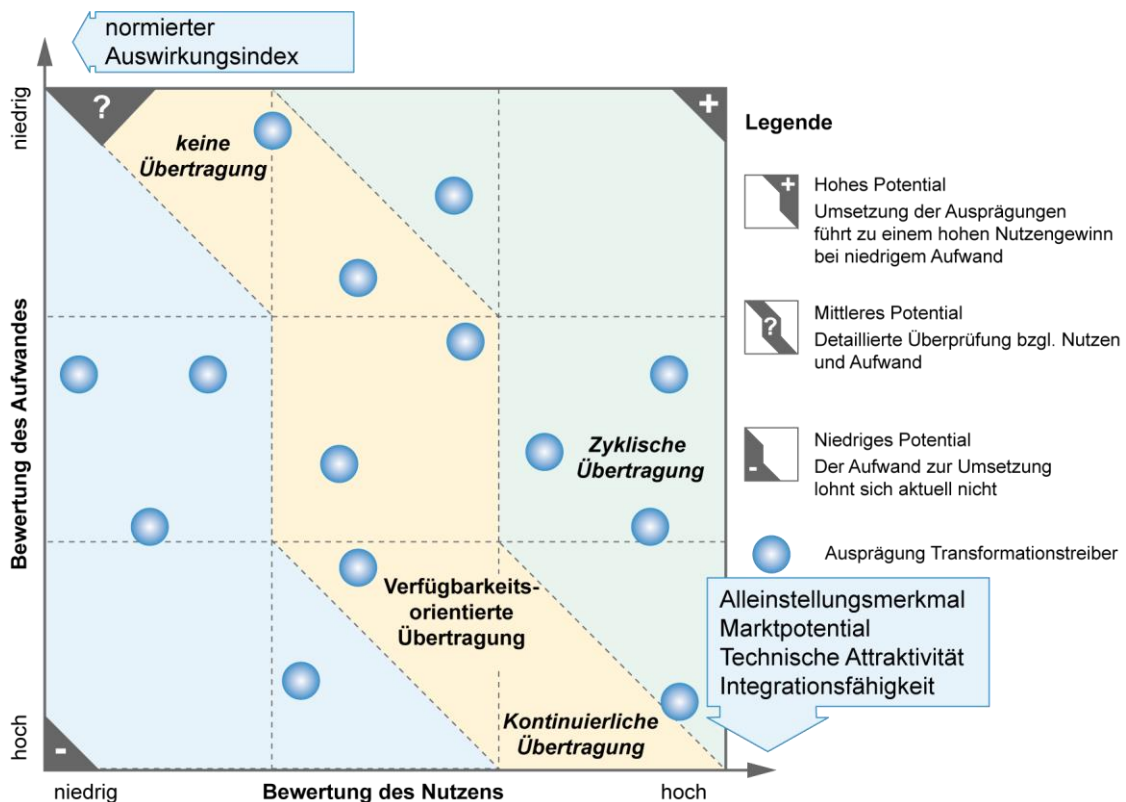


Bild 5-7: Portfolio zur Identifikation geeigneter Ausprägungen von Transformationstreibern für die Marktleistung „B2B-Plattform für additive Manufacturing“

Ausgangspunkt bei der Auswahl des Umsetzungspfads (siehe Bild 5-8) ist der Steckbrief der zukünftigen Marktleistung und die zugehörige Anforderungsliste (vgl. Abschnitt 5.1.1). Dieses soll im Folgenden beispielhaft erläutert werden. Aus den Anforderungen *Kontinuierliche Erfassung der Auslastung* und des *Materialverbrauchs* lässt sich die Ausprägung *Kontinuierliche Übertragung* ableiten. Sämtliche anderen Ausprägungen des Transformationstreibers *Monitoring* sind bei der Realisierung der Marktleistung nicht zu berücksichtigen. Die Wunschanforderung *Reduktion von Ausfallzeiten* würde durch mehrere Ausprägungen des Transformationstreibers *Analytics* unterstützt. Auf Grund des hohen Aufwandes bei der Realisierung bei aktuell geringen Nutzen, wird an dieser Stelle die *Zustandserkennung* ausgewählt. Bei dem benötigten Transformationstreiber *Alerting* stehen verschiedene Ausprägungen zur Auswahl. Wegen des höheren Nutzens wird das *manuelle Alerting* ausgewählt. Der Aufwand zur Realisierung ist zwar höher als bei dem *Alerting auf Grundlage von Regeln*, die Auswahl bietet sich durch die hohe Konsistenz zu weiteren ausgewählten Ausprägungen jedoch an. Als Hilfsmittel dient hier die Konsistenzanalyse (siehe Abschnitt 4.3.3).

Mit deren Hilfe werden zueinander inkonsistente Ausprägungen ausgeschlossen sowie sich gegenseitig begünstigende oder auch erforderliche Ausprägungen identifiziert. Dies führt in der Regel auch zu einer Reduzierung des Umsetzungsaufwands, da Ausprägungen mit hoher Konsistenz oftmals auf ähnlichen technologischen Grundlagen beruhen. Die Auswahl der *Bidirektionalen M2M Kommunikation* lässt sich wiederum aus dem Marktleistungssteckbrief ableiten (vgl. Abschnitt 4.4.2). Deren Realisierung ermöglicht bspw. zukünftig eine weitere Automatisierung der Marktleistung. Dazu würden die aktuell manuellen Schritte zur Bauteilausrichtung und Parametereinstellung später softwaretechnisch autonom durchgeführt werden. Die *Optimierte Situationsspezifische Konfiguration* ermöglicht die bestmögliche Einstellung der Anlagen des Kunden. Diese erfordert ebenfalls die bereits ausgewählte kontinuierliche Übertragung der Daten und Informationen. Das Aufspielen von Updates bietet sich ebenfalls an, der Nutzen ist jedoch erheblich geringer, obwohl der Aufwand der Umsetzung ebenfalls geringer ist. Durch den Marktleistungssteckbrief konnten die Transformationstreiber *Remote Control*, *Provide Information*, *Service Support* und *X on Demand* ausgeschlossen werden. Diese bieten aktuell keinen Mehrwert bei der Realisierung des Nutzenversprechens und würden unnötige Ressourcen bei der Umsetzung binden. Abschließend wird auch die Ausprägung *Prozessüberwachung und Planung* ausgewählt, da diese insbesondere zur Ausprägung *Optimierte Situationsspezifische Konfiguration* konsistent ist.

		Ausprägungen			
Transformationstreiber	Product Monitoring	Keine Übertragung	Zyklische Übertragung	Verfügbarkeitsorientierte Übertragung	Kontinuierliche Übertragung
	Analytics	Zustandserkennung	Analyse von Anomalien	Ursachendiagnose und Prognose	Autonome Steuerung
	Alerting	Alerting auf Grundlage vordefinierter Regeln	Manuelles Alerting	Alerting auf Grundlage von aggregierten Daten	Alerting auf Grundlage von prädiktiven Daten
	Communication	Unidirektional zum Betreiber	Unidirektional zum System/Kunden	Bidirektional	Bidirektional M2M
	Optimization	Handlungsempfehlung zur Benutzung	Physische Upgrades	Updates	Optimierte Situationsspezifische Konfiguration
	Remote Control	Software-Control	Hardware-Control	Fernwartung	
	Provide Information	I/O Visualisierung	lokale Anzeige	Zentrale/Dezentrale Anzeige	Anzeige auf Mobilien Endgeräten
	Ressource Scheduling	Prozessüberwachung und Planung	Automatische Prozessplanung und Steuerung		
	Service Support	Digitales Handbuch	Onlineüberwachung	Automatischer Diagnose Remote	Diagnose durch Assistenzsysteme
	X on Demand	Zyklusorientierte Planung	Bedarfsorientierte Planung	Zyklusorientierte Planung und Steuerung	Bedarfsorientierte Planung und Steuerung

Legende

 Ausgewählter Transformationspfad
 nicht erforderliche Transformationstreiber

Bild 5-8: Auswahl eines geeigneten Transformationspfads

Resultat dieser Phase ist ein unternehmensindividueller Umsetzungspfad zur Realisierung der zukünftigen Marktleistung im einem Wertschöpfungssystem. Dieser besteht aus den Ausprägungen unterschiedlicher Transformationstreiber und ist die Basis für die folgende Auswirkungsanalyse.

5.1.3 Phase 3: Auswirkungsanalyse

Die Auswirkungsanalyse erweitert die Analyse der direkten Auswirkungen. Diese ist zusammen mit den identifizierten relevanten Variablen die Grundlage für die indirekte Auswirkungsanalyse (siehe Abschnitt 4.3.4 und Abschnitt 5.1.1).

Die indirekte Auswirkungsanalyse basiert auf der Analyse des systemischen Verhaltens nach GAUSEMEIER (vgl. Abschnitt 3.2.2). Ziel ist die Identifikation von Wertschöpfungsvariablen, die durch andere Variablen beeinflusst werden. Deren Veränderungen ergeben sich aus der direkten Auswirkungsanalyse. Die indirekte Auswirkungsanalyse wird unternehmensindividuell durchgeführt, als Unterstützung dient dabei eine Einflussmatrix (siehe Bild 5-9).

Indirekte- Auswirkungsanalyse	Variable																		Aktivsumme (Zeilensumme)
		Fragestellung: „Wie stark beeinflusst die Variable i (Zeile) die Variable j (Spalte)?“																	
		Bewertungsmaßstab: 3 = starken Einfluss 2 = mittleren Einfluss 1 = schwachen Einfluss 0 = keinen Einfluss																	
		Beschaffung	Intensität der Kooperation	Flexibilität der Kooperation	Interaktionszyklus	Rolle des Kunden	Post Sales	Technischer Kundendienst	Produktanpassung	Produktion	Montage	Prüfung	Produktanpassungen	Wertschöpfungsrolle	Beziehungstyp		Logistik	Installation Kundendienst	
Variable	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	:	26	27	
Beschaffung	1		3,0	2,0	1,7	2,3	1,7	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	2,3	3,0	1,7		2,3	1,5	47,3
Intensität der Kooperation	2	1,0		1,1	2,3	3,0	2,3	2,0	1,1	1,5	1,5	1,5	2,0	1,7	2,3		1,3	1,5	42,0
Flexibilität der Kooperation	3	1,1	2,3		1,7	2,0	1,5	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	2,3	3,0	1,5		2,3	2,3	43,8
Interaktionszyklus	4	1,1	2,3	1,5		3,0	3,0	1,5	2,0	1,7	1,7	1,7	3,0	3,0	2,3		2,3	1,5	51,5
Rolle des Kunden	5	1,0	1,7	1,5	3,0		3,0	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	2,3	2,3	2,3		1,7	2,0	50,7
Post Sales	6	1,0	1,1	1,0	2,0	2,0		2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	3,0	2,3		1,1	1,5	36,5
Technischer Kundendienst	7	2,0	1,5	1,0	2,0	2,0	2,0		2,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5		1,1	2,0	35,5
Produktanpassung	8	1,5	1,7	1,5	3,0	3,0	2,3	3,0		1,5	1,5	1,5	2,3	2,3	3,0		1,7	3,0	51,6
...																			
Logistik	26	2,0	1,7	1,1	3,0	3,0	1,7	2,0	1,5	1,3	1,5	2,3	2,3	3,0	2,0			2,0	45,4
Installation	27	1,0	1,7	1,5	3,0	3,0	2,3	2,0	2,0	2,0	1,5	2,3	2,3	3,0	3,0		1,7		48,0
Passivsumme (Spaltensumme)		27,2	43,3	34,8	49,3	50,6	51,6	41,5	38,5	42,6	43,8	44,6	46,8	46,9	47,7		34,8	39,6	

Bild 5-9: Indirekte Auswirkungsanalyse für die Wertschöpfung eines Herstellers von additiver Fertigungstechnologie

In dieser werden die in der Spezifikation der originären Wertschöpfung erfassten und die für das jeweilige Unternehmen relevanten Variablen gemeinsam dargestellt. Spalten und Zeilen enthalten dabei jeweils die gleichen Variablen. Die Bewertung erfolgt immer paarweise, je Variablen-Paar wird bewertet, wie stark die eine Variable wechselseitig die andere verändert. Es wird beispielsweise die Frage beantwortet, ob eine Veränderung der „Lieferantenbeziehung“ eine Auswirkung auf die „Beschaffung“ hat. Eine vierstufige

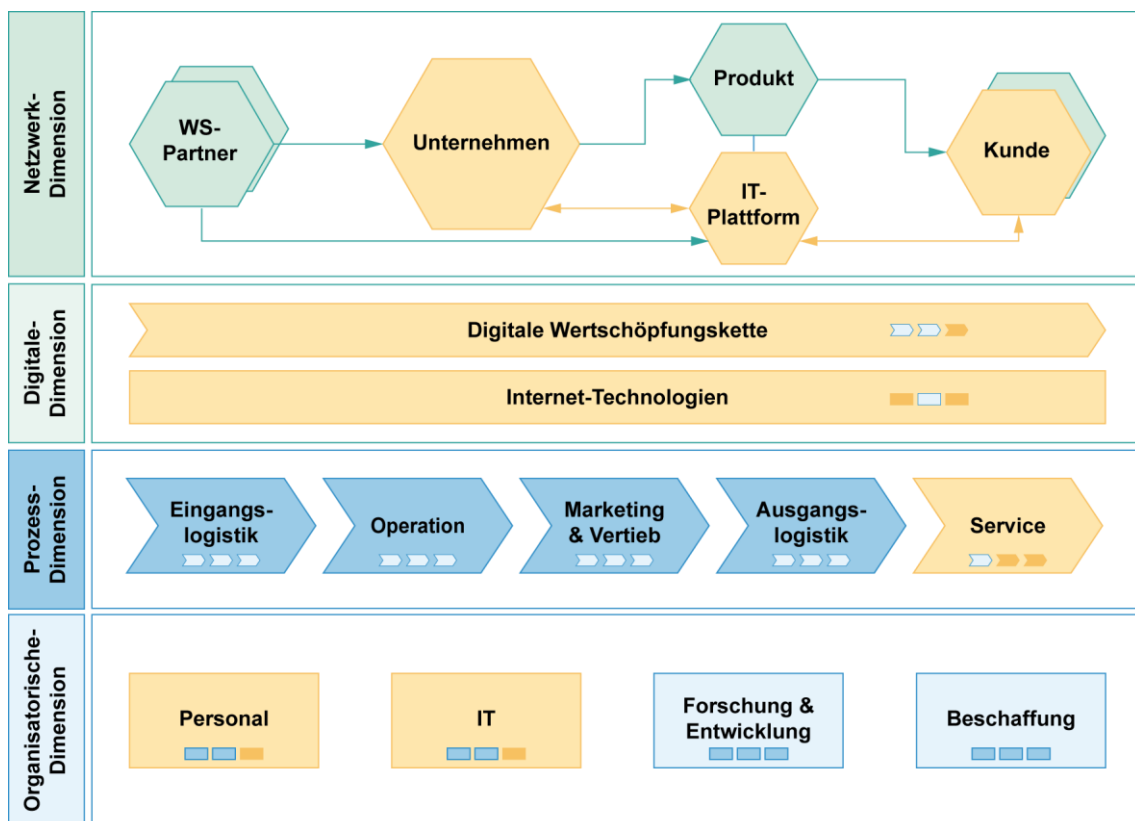
Skala unterstützt den Bewertungsprozess. Diese reicht von 0 = kein Einfluss bis 3 = starker Einfluss. Aus der ausgefüllten Matrix lassen sich charakteristische Kennwerte ableiten. Die **Aktivsumme** (Zeilensumme aller Bewertungen einer Ausprägung) zeigt die Stärke an, mit der die jeweilige Variable auf alle anderen einwirkt. Die **Passivsumme** (Spaltensumme aller Bewertungen einer Variablen) ist ein Maß dafür, wie stark die Variable durch andere Variablen beeinflusst wird. Eine hohe Passivsumme zeigt an, dass diese Variablen bei der Adaption der Wertschöpfung eine höhere Priorität erhalten müssen. Bei begrenzten Ressourcen zur Umsetzung sollten die Variablen mit einer hohen Aktivsumme detaillierter betrachtet werden, weil sie weitreichende Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfung haben.

In einem zweiten Schritt werden die indirekten Beeinflussungen betrachtet. Dies ist notwendig, da sich die Variablen über mehrere Stufen beeinflussen und nicht alle Auswirkungen direkt ersichtlich sind. Eine Veränderung der IT, die im Zuge der Auswertung großer Datenmengen notwendig ist, hat keinen direkten Bezug zur Produktion und Ausgangslogistik. Jedoch hat sie Einfluss auf den Einsatz des technischen Kundendienstes, dieser wiederum ist auf die fristgerechte Produktion und Lieferung der Ersatzteile angewiesen. Dieser Einfluss ist jedoch nicht mehr so stark wie eine direkte Beziehung ist, sodass eine Dämpfung berücksichtigt werden muss. Es wird deutlich, wie komplex die Beziehungen in einem vernetzten Wertschöpfungssystem sind. Es ist nahezu unmöglich, das Wirkungsgefüge vollständig und händisch zu erfassen. Die indirekte Einflussanalyse erfolgt daher anhand einer Software (siehe [GP14, S. 53]). Als Ergebnis erhält der Anwender modifizierte Kennwerte (Bewertung, Aktivsumme, Passivsumme), die neben den direkten auch die indirekten Beeinflussungen berücksichtigen. Die Ergebnisse werden im Zusammenhang mit der direkten Einflussanalyse betrachtet. So kann in einem ersten Schritt identifiziert werden, welche Variablen durch die Realisierung einer einzelnen Ausprägung beeinflusst sind. Im zweiten Schritt wird erfasst, welche weiteren Variablen durch die Ausprägung indirekt betroffen sind. Es ergeben sich Kausalketten von Variablen, die jeder Ausprägung zuzuweisen sind. Bspw. hat eine Veränderung der *Art der Beziehung* Einfluss auf den *Interaktionszyklus*, dieser wiederum hat einen Einfluss auf nachträgliche *Produktanpassungen*, wodurch die *Art der Beziehung* indirekt ebenfalls einen Einfluss auf die *Produktanpassung* hat. Der Einfluss ist allerdings nicht mehr so stark und wird durch die Dämpfung berücksichtigt. Die sich ergebenden neuen Kennwerte sind Grundlage für die Identifikation der zu verändernden Bereiche der Wertschöpfung eines Unternehmens.

Im nächsten Schritt werden die betroffenen Bereiche analysiert. Die Analyse der identifizierten Bereiche stellt die Basis für die anstehende Umsetzungsplanung dar. Sie erfolgt insbesondere in zwei Bereichen: In den direkt betroffenen Bereichen und Variablen aus der direkten Auswirkungsanalyse und in solchen Bereichen und Variablen, die eine hohe Passivsumme aufweisen, also Bereiche in denen die größten Veränderungen zu erwarten sind.

In dem Anwendungsbeispiel konzentriert sich die Veränderung im hohen Maße auf den Service-Bereich sowie solche Bereiche, die direkten Bezug zum Kunden haben (siehe Bild 5-10). Die betroffenen Bereiche verteilen sich über alle Dimensionen der Wertschöpfung.

In der Wertschöpfungsdimension sind insbesondere die Bereiche *Kunde*, *IT-Plattform* und das *Unternehmen* von Veränderungen betroffen. Neben den starken direkten Auswirkungen auf die Ausprägungen *Kontinuierliche Übertragung* und *Optimierte Situations-spezifische Konfiguration* auf die Variablen *Rolle des Kunden* und *Interaktionszyklus* weisen diese beiden Variablen ebenfalls mit die höchsten Passivsummen aus und sind daher auch indirekt stark von Veränderungen betroffen. Da das Unternehmen aktuell über keine relevanten Prozesse oder Technologien in der digitalen Dimension verfügt, ist dieser Bereich ebenfalls von Veränderungen stark betroffen. In der Prozessdimension sind vor allem solche Variablen betroffen, die dem Service zugeordnet sind. Dazu zählen bspw. die Variablen *Post Sales* und *Produktanpassungen*. Also Variablen, die die Marktleistung nach deren Auslieferung betreffen.



Legende

durch die Marktleistung betroffene Bereiche

Bild 5-10: Identifizierte Bereiche für die Detailanalyse

Die Detailanalyse erfolgt im Rahmen von Workshops, an denen Experten der betroffenen Fachdisziplinen Produktmanagement, Service und Vertrieb beteiligt sind. Hierzu wird zunächst die Methode zur Modellierung von Wertschöpfungssystemen (vgl. Abschnitt 3.1.3) eingesetzt, um die einzelnen Wertschöpfungsprozesse zu modellieren. Weitere benötigte Analysemethoden sind dem Anhang A2.4 zu entnehmen. Die Modellierung findet auf verschiedenen Ebenen statt. Diese orientieren sich insbesondere an der Netzwerk- und Prozess-Dimension. In den Workshops werden zudem die wesentlichen Interaktionen zwischen den Partnern analysiert und ausdetailliert, um ein tiefergehendes Verständnis über das System zu erhalten. So können bspw. die verschiedenen Zeitpunkte der Interaktion bestimmt und in eine zeitliche Reihenfolge gebracht werden. Zudem fällt auf, dass aktuell keine Interaktion mit Kunden stattfindet, die trotz Bedarf an additiv gefertigten Bauteilen haben über keine eigene Anlage verfügen. Diese stellen potentielle neue Kunden für eigene Anlagen dar. Bei dem internen Prozess ist zu sehen, dass das Unternehmen bereits über ein ERP-System verfügt, welches die unterschiedlichen Aufträge und Anfragen zentral verteilt. Die Annahme der Aufträge erfolgt jedoch manuell und die einzelnen Aufträge werden einzeln eingepflegt. Des Weiteren erfolgt aktuell keine direkte Kommunikation mit den Anlagen bei den Kunden. So können weder Verfügbarkeiten noch Parametersätze direkt an die Anlagen übertragen werden. Die Leistungen werden ebenfalls manuell an den Kunden übertragen. Es steht aktuell keine Plattform zur Verfügung, die die entsprechenden Aktivitäten übernehmen könnte. In den Workshops ist es wichtig, sich auf einzelne Bereiche der Wertschöpfung zu konzentrieren und diese zu detaillieren (siehe Bild 5-11). Der Aufwand für eine Gesamtbetrachtung wäre an dieser Stelle zu groß und wichtige Informationen würden übersehen.

Neben den in Bild 5-11 modellierten Bereichen sind insbesondere weitere Bereiche der *IT* als auch *Operationsprozesse* betroffen. Diese müssen bei der anschließenden Gestaltung ebenfalls berücksichtigt werden. Es werden auch bei fast allen Veränderungen in der Wertschöpfung neue Kompetenzen benötigt, die bei der anschließenden Umsetzungsplanung ebenfalls zu berücksichtigen sind.

Als Resultat entsteht ein Wertschöpfungsmodell, welches insbesondere die Netzwerk- und Prozessdimension detailliert abbildet. Der Vorteil dieser Vorgehensweise: alle Beteiligten erhalten eine verständliche Sicht auf das zu gestaltende Wertschöpfungssystem und das Systemverständnis wird erhöht.

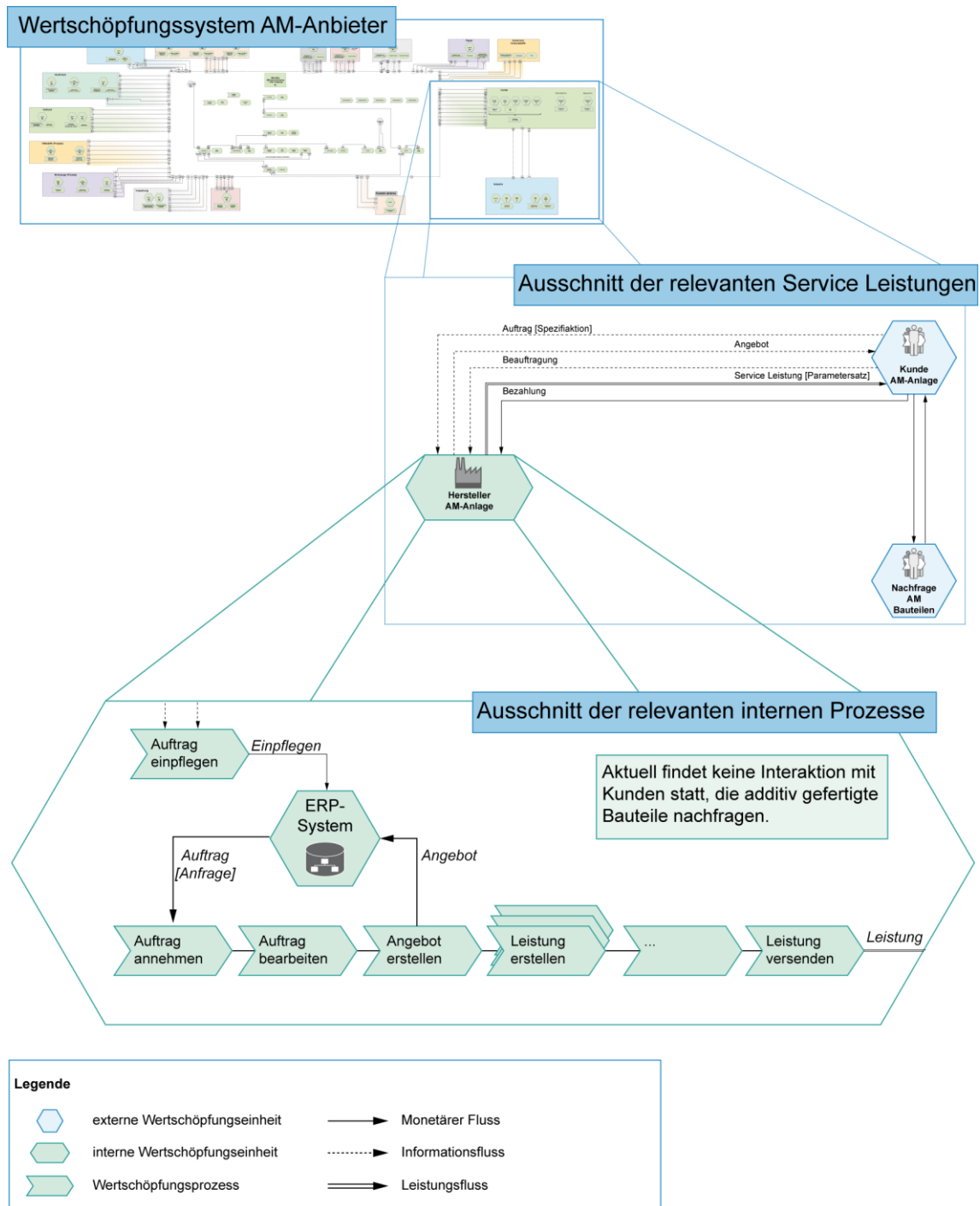


Bild 5-11: Detailanalyse der betroffenen Bereiche (stark vereinfachte Darstellung)

5.1.4 Phase 4: Umsetzungsplanung

Nach der Konzipierung der Umsetzung in Abschnitt 5.1.2 und der Analyse der Auswirkungen in Abschnitt 5.1.3 erfolgt abschließend in Phase vier die Umsetzungsplanung. Als Hilfsmittel dienen die in Abschnitt 4.4.4 präsentierten Referenzlösungen. Diese sind Anregungen für die Ausgestaltung der Wertschöpfung und geben wichtige Hinweise für

Schnittstellen und benötigte Kompetenzen. Die Umsetzungsplanung für die Marktleistung *B2B-Plattform für additive Manufacturing* basiert auf den in Bild 5-8 ausgewählten Ausprägungen und den entsprechenden Referenzlösungen. Diese werden für die Umsetzungsplanung genutzt und dadurch die originäre Wertschöpfung weiterentwickelt. Das Konzept der angepassten Wertschöpfung ist in Bild 5-12 dargestellt. Die originäre Wertschöpfung wurde insbesondere um eine IT-Plattform zur Kommunikation mit Kunden und Nachfragen von AM-Bauteilen erweitert. Der gesamte Interaktionsprozess wird zukünftig über die entstehende Plattform abgewickelt. Das Unternehmen tritt dabei als Betreiber der Plattform auf und bietet darüber die Service-Dienste an. Die Anlagen der Kunden sind ebenfalls mit der Plattform verbunden und können so jederzeit verfügbare Kapazitäten an die Plattform senden.

Die Referenzlösungen geben ebenfalls Hinweise auf erforderliche Kompetenzen und durchzuführende Schlüsselaktivitäten, Schnittstellen zu Softwaresystemen und erforderliche Funktionen der Plattform. Des Weiteren geben sie Hinweise auf mögliche Schlüsselpartner für die Realisierung der Marktleistung. Das Konzept der Wertschöpfung stellt den Zielzustand eines Transformationsprozesses dar, an dessen Ende ein Wertschöpfungssystem zur Realisierung der zukünftigen Marktleistung steht.

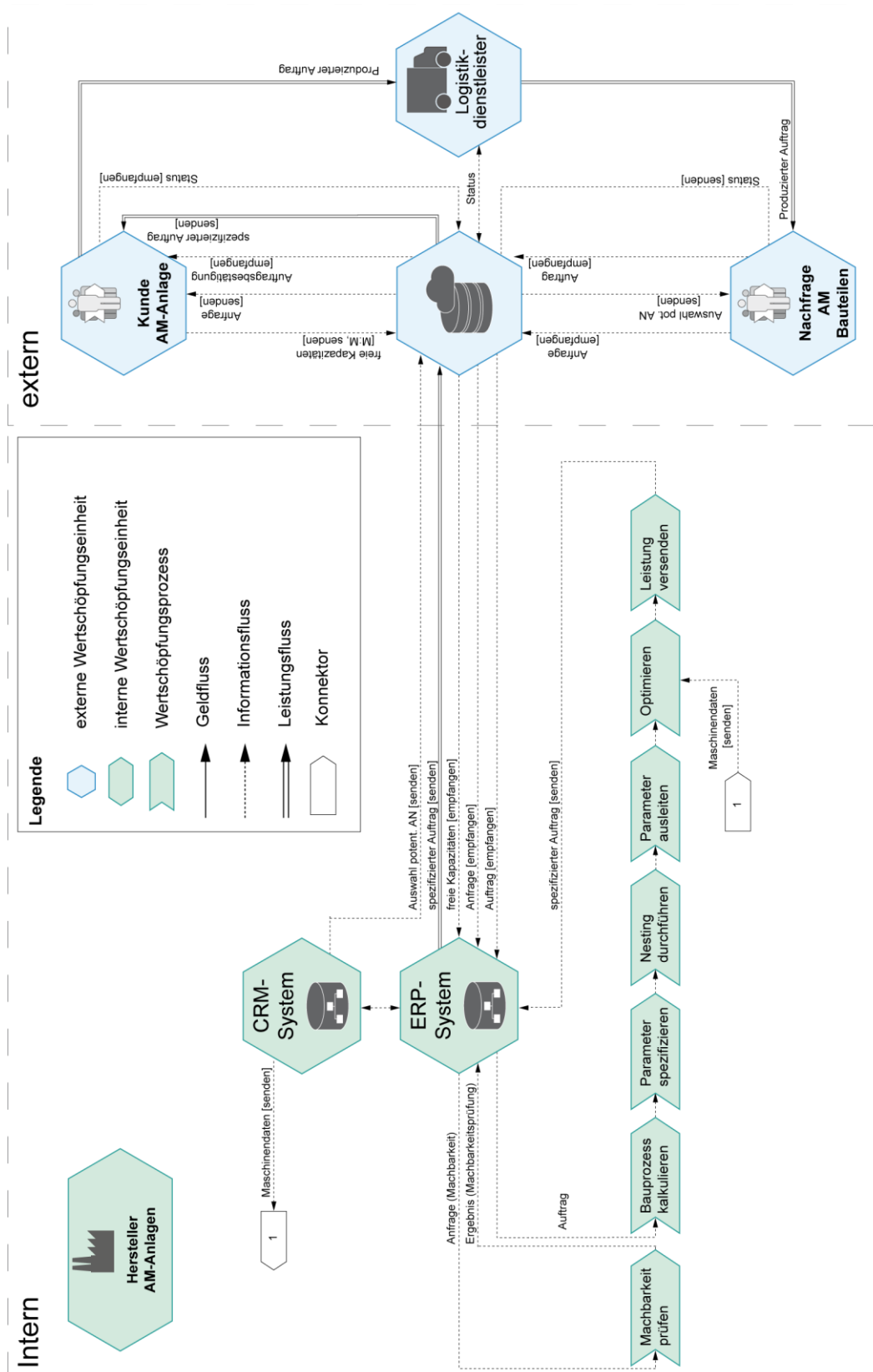


Bild 5-12: Konzept der angepassten Wertschöpfung eines Herstellers von additiver Fertigungstechnologie – stark vereinfachte Darstellung (Auszug)

Im letzten Schritt wird die Umsetzung der anstehenden Transformation mithilfe eines Master Plan of Action (MoA) in den vier behandelten Dimensionen geplant (siehe Bild 5-13). Der MoA dient als zentrales Kommunikationsinstrument und zur Verdichtung der Informationen. Ausgehend von der Ausgangssituation werden die Ziele formuliert und Hinweise für die Umsetzung in den einzelnen Dimensionen gegeben. Die Umsetzung in der Netzwerkdimension erfordert neben der Entscheidung für eine Kooperation, Fremdvergabe oder Eigenproduktion die Auswahl entsprechender Partner. An dieser Stelle sei auf das Konzept nach KAGE ET AL. [KDG+16] verwiesen. Anschließend erfolgt eine detaillierte Spezifikation der unterschiedlichen identifizierten Interaktionsbeziehungen.

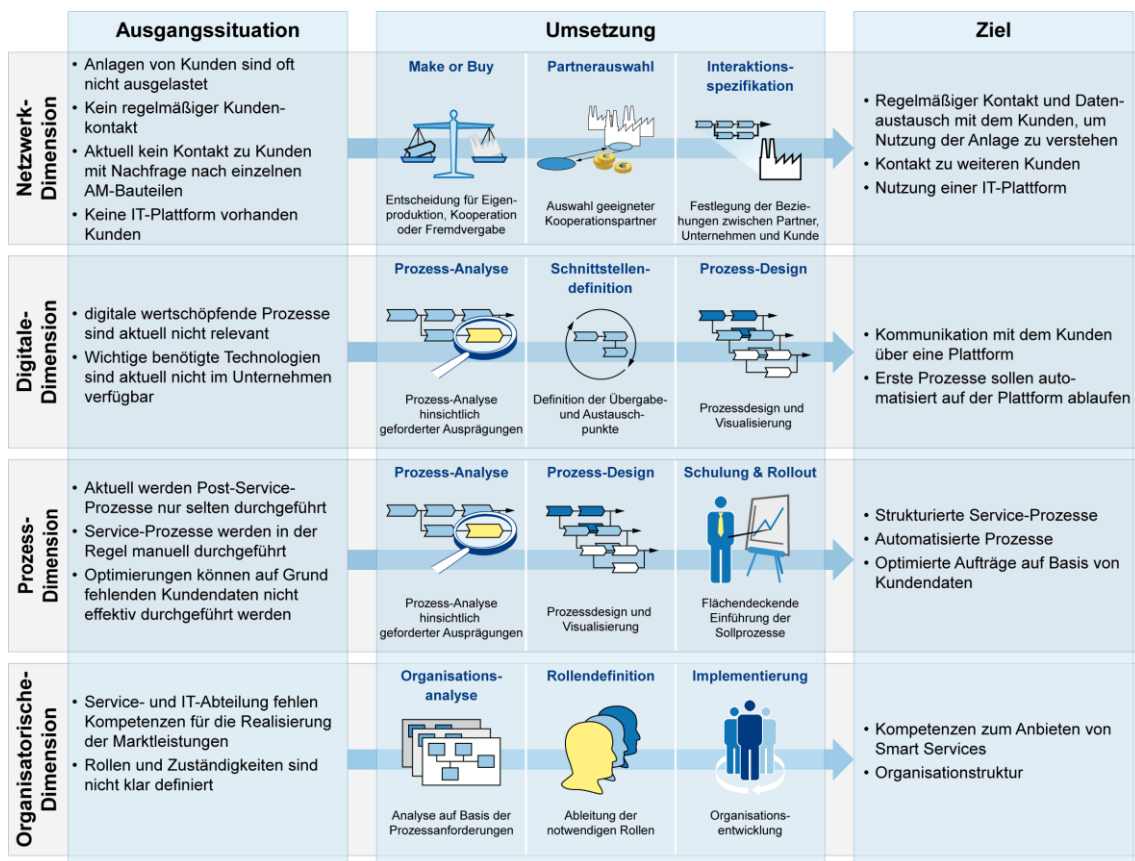


Bild 5-13: Master Plan of Action für die Gestaltung der Wertschöpfung eines Herstellers metallbasierter additiver Fertigungstechnologie (Auszug)

Für die Umsetzungsplanung in der Digitalen-, Prozess- und Organisatorischen Dimension wird auf weitere Hilfsmittel zurückgegriffen, welche die Ausgestaltung der Wertschöpfung konkretisieren und helfen, den Zielzustand zu erreichen. Dazu kann auf sogenannte Umsetzungsmuster aus dem Kontext der Leistungssteigerung durch Industrie 4.0 zurückgegriffen werden. Diese werden aktuell im Forschungsprojekt INLUMIA erarbeitet und dienen unternehmensindividuellen Transformationen [KDM+18, S. 83].

Abschließendes **Resultat** des Vorgehensmodells für die Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen ist ein Transformationsplan für die zukünftige

Wertschöpfung. Dieser besteht aus einem visualisierten Wertschöpfungskonzept und einem Masterplan of Action. Aus diesem geht detailliert hervor, wann und wie der jeweilige Zielzustand in den unterschiedlichen Dimensionen erreicht wird.

5.2 Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen

In diesem Abschnitt findet abschließend eine Bewertung der erarbeiteten *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen* statt. Hierzu wird für jede Anforderung aus Abschnitt 2.6 überprüft, inwieweit sie durch einzelne Bestandteile bzw. das Zusammenwirken der Systematik erfüllt wird. Einen Überblick über die Anforderungen und ihren Bezug zur Systematik zeigt Bild 5-14.

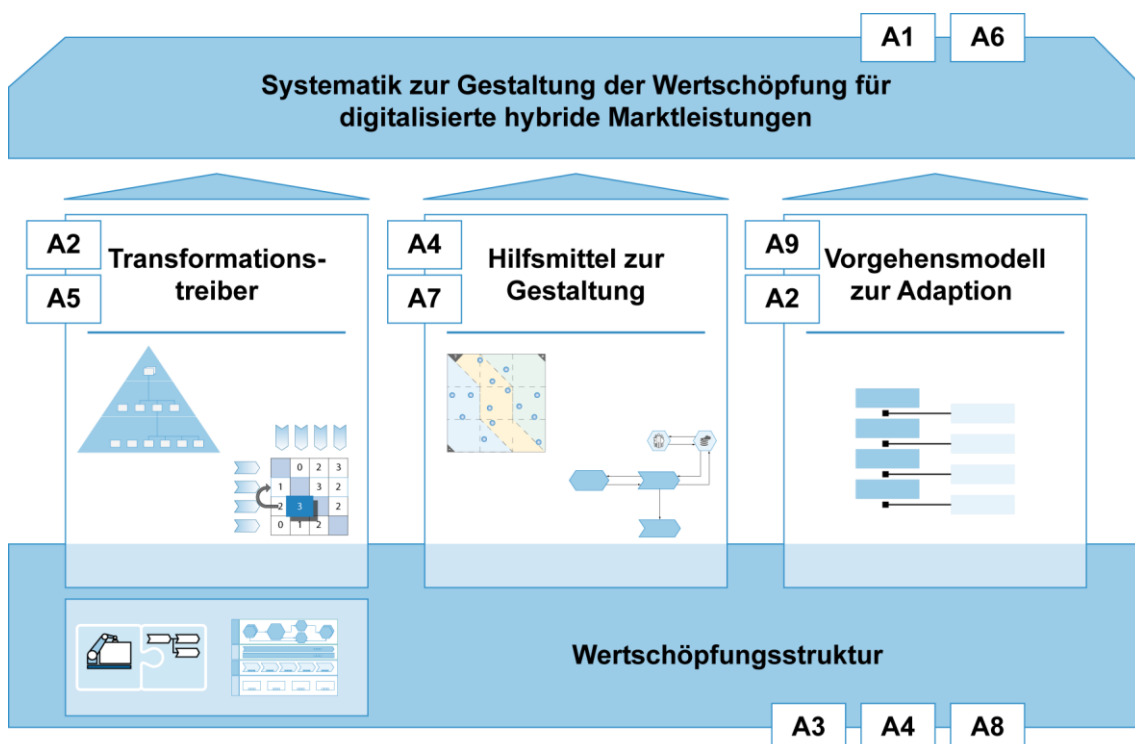


Bild 5-14: Erfüllung der Anforderungen durch die Systematik

A1) Gestaltung der Wertschöpfung

Die Systematik unterstützt bei der Entwicklung der zukünftigen Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen. Sie greift die originäre Wertschöpfung (vgl. Abschnitt 4.2) auf und stellt aufbauend auf den Erfordernissen der zukünftigen Marktleistung Strukturen, Prozesse und Konzepte (vgl. Abschnitt 4.4) für eine unternehmensindividuelle zukünftige Wertschöpfung bereit. Sie ermöglicht so einen zielgerichteten Transformationsprozess zur Realisierung der Marktleistung in einem Wertschöpfungssystem (siehe Abschnitt 4.5) in der Netzwerk-, Digitalen-, Prozess- und Organisatorischen Dimension.

A2) Einordnung in die zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung

Die Bestandteile der entwickelten Systematik, deren Einsatz durch das *Vorgehensmodell* (siehe Abschnitt 4.5) gesteuert wird, sind der zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung zuzuordnen. Sie ordnen sich zwischen der Strategie- und Prozessebene ein und beantworten die Fragen: *Wie kann eine Marktleistung realisiert werden? Welche Unternehmensbereiche und -prozesse sind betroffen?* und *Wie sind diese Bereiche zu verändern?* Den Ausgangspunkt bei der Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen bildet die zukünftige Marktleistung (vgl. Abschnitt 4.2.1). Diese wird dokumentiert und determiniert anschließend den Umsetzungspfad, welcher durch unterschiedliche Prozesse operationalisiert wird.

A3) Berücksichtigung bestehender Wertschöpfung

Die Analyse der originären Wertschöpfung stellt die Basis des Transformationsprozesses dar. Diese wird in der Netzwerk-, Digitalen-, Prozess- und Organisatorischen-Dimension analysiert (vgl. Abschnitt 4.2.2) und anschließend in der Umsetzungsplanung wieder aufgegriffen (vgl. Abschnitt 4.4.5). Die Analyse der Auswirkungen auf die bestehende Wertschöpfung hilft bei der Identifizierung der betroffenen, bereits bestehenden Bereiche und unterstützt so bei deren Anpassung (vgl. Abschnitt 4.5.3).

A4) Berücksichtigung von Anforderungen der zukünftigen Marktleistung

Die Analyse und Dokumentation der zukünftigen Marktleistung steht am Anfang der Systematik. Das Dokumentationsschema unterstützt bei der zielgerichteten Berücksichtigung der Anforderungen der Marktleistung, die zusätzlich durch eine Anforderungsliste um weitere Aspekte erweitert wird (vgl. Abschnitt 5.1.1). Beide Dokumente sind anschließend die Grundlage für die Auswahl von Ausprägungen der Transformationstreiber. Diese determinieren die Gestaltung der zukünftigen Wertschöpfung (vgl. Abschnitt 4.4.2).

A5) Identifikation von Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Bereichen

Ausgehend von der Analyse der originären Wertschöpfung (vgl. Abschnitt 4.2.2) werden die unterschiedlichen identifizierten Unternehmensbereiche in einer indirekten Auswirkungsanalyse (vgl. Abschnitt 4.5.3) bewertet und untersucht. Mittels der Matrix werden Wechselwirkungen und Abhängigkeiten der einzelnen Bereiche identifiziert und quantifiziert. Die Analyse zeigt die Wirkung von Veränderungen auf die verschiedenen Bereiche und unterstützt bei deren Anpassung (vgl. Abschnitt 4.5.3). So können gezielt solche Bereiche gestaltet werden, die am gravierendsten von Änderungen betroffen sind.

A6) Interdisziplinarität und allgemeine Verständlichkeit

Die Gestaltung der Wertschöpfung kann nicht ausschließlich auf der Perspektive einer Fachdisziplin bzw. Abteilung im Unternehmen erfolgen. Insbesondere vor dem Hintergrund der Digitalisierung ist eine Vielzahl an Abteilungen beteiligt. Aus diesem Grund unterstützt die erarbeitete Systematik die interdisziplinäre Zusammenarbeit durch die

Modellierung der Wertschöpfung in allgemein verständlichen Modellen (vgl. Abschnitt 4.4.4 und 4.4.5) sowie durch unterschiedliche, Hilfsmittel zur Gestaltung (vgl. Abschnitt 4.4). Darüber hinaus sind die Hilfsmittel zur Gestaltung in der Regel für den Einsatz in Workshops ausgelegt, so dass ein verbesserter Austausch von Wissen und Informationen gefördert wird.

A7) Analyse und Einsatz erfolgreicher Lösungen

Die Verwendung von wiederkehrenden und bereits erprobten Ausprägungen von Wertschöpfungsvariablen und -lösungen steigert die Handlungsfähigkeit in der Anwendung. Es wurde eine Vielzahl an Variablen identifiziert, die die Analyse der originären Wertschöpfung erleichtert (vgl. Abschnitt 4.2.2). Des Weiteren unterstützen die Transformationstreiber bei der Konzipierung des Umsetzungspfades. Diese beruhen auf bereits in der Praxis erfolgreichen Smart-Service-Marktleistungen (vgl. Abschnitt 4.4.3). Die Referenzlösungen zur Gestaltung der Wertschöpfung beruhen ebenfalls auf Praxisbeispielen und unterstützen bei der effektiven Gestaltung der Wertschöpfung (vgl. Abschnitt 4.4.4).

A8) Strukturierungsrahmen für Hybride Wertschöpfung

Die entwickelte Systematik unterteilt die Wertschöpfung in vier unterschiedliche Dimensionen, welche einen Strukturierungsrahmen bilden: Die Netzwerk-, Digitalen-, Prozess- und Organisatorisch- Dimension (vgl. Abschnitt 4.2.2). Diese lassen sich wiederum in unterschiedliche Variablen unterteilen und beschreiben in ihrer Gesamtheit ein Wertschöpfungssystem für hybride digitalisierte Marktleistungen (vgl. Abschnitte 4.2.2.1, 4.2.2.2, 4.2.2.3). Die nächste Detaillierungsebene nach den Variablen ist unternehmensindividuell auszugestalten und orientiert sich an dem vorgestellten Rahmen und dessen Dimensionen.

A9) Systematisches Vorgehen

Ein systematisches und reproduzierbares Vorgehen bei der Gestaltung der Wertschöpfung wird durch das beschriebene *Vorgehensmodell zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen* sichergestellt. Es beschreibt die Aufgaben und Resultate der vier aufeinanderfolgenden Phasen und weist entsprechende Hilfsmittel, die größtenteils speziell für die Systematik erarbeitet wurden den einzelnen Schritten zu. Das Vorgehensmodell reicht von der Spezifikation der bestehenden Wertschöpfung bis zur Gestaltungsplanung und dient als Leitfaden, speziell für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Vorgehen und Hilfsmittel bestätigen sich im Anwendungsbeispiel als sinnvoll und angemessen.

Die entwickelte Systematik zur *Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen* erfüllt damit die gestellten Anforderungen in vollem Umfang. Die Systematik ermöglicht es, die bestehende Wertschöpfung in Unternehmen zu analysieren, einen Umsetzungspfad zu konzipieren, dessen Auswirkungen zu bestimmen und die anstehende Umsetzung systematisch zu planen. Anhand des Anwendungsbeispiels *B2B-*

Plattform für additive Manufacturing wurde die erfolgreiche Anwendung der Systematik nachgewiesen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die zunehmende Durchdringung von technischen Systemen mit Informations- und Kommunikationstechnik eröffnet für Unternehmen faszinierende Perspektiven. Es entstehen Cyber-Physical Systems, die mithilfe von Sensorik Daten der realen Welt erfassen, diese verarbeiten, mit externen Daten kombinieren und sich anschließend ihrer Umwelt anpassen bzw. diese verändern können. Die Gesamtfunktionalität der Systeme wird durch eine Vernetzung und das Zusammenwirken der Einzelsysteme weiter erhöht. Es werden Systeme ermöglicht, die gegenüber traditionellen Produkten einen enorm gesteigerten Funktionsumfang aufweisen und so traditionelle Produktgrenzen sprengen. Aufbauend darauf werden zunehmend **digitalisierte hybride Marktleistungen** von Unternehmen entwickelt und in den Markt gebracht. Diese setzen auf CPS auf und erweitern die Marktleistung zunehmend um datenbasierte Dienstleistungsaspekte. Die Vielfältigen Chancen der digitalisierten Dienstleistungserbringung stellen für Unternehmen Möglichkeiten dar, sich vom Wettbewerb zu differenzieren und den Kundennutzen der eigenen Produkte zu steigern.

Die beschriebenen Entwicklungen werden vielfach als **Digitalisierung** oder auch als die digitale Transformation der Wirtschaft bezeichnet. Bei der Überführung dieses Konstruktes in ein individuelles Unternehmensumfeld wird deutlich, dass die Digitalisierung auf einem Verständnis von Geschäftsmodell, Strategie und Zukunftsorientierung beruht, das auf dem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik basiert. Die Umsetzung von Geschäftsmodellen und zugehöriger Marktleistung in die Unternehmenspraxis erfordert einen umfassenden Planungsprozess, damit der Übergang von der bisherigen Marktleistung zur neuen digitalisierten hybriden Marktleistung reibungslos verläuft. Die Grundlage für die Umsetzung in die Praxis bildet das **Wertschöpfungssystem**. Dieses umfasst die an der Leistungserbringung beteiligten Bereiche und Prozesse sowie deren Verknüpfungen bis hin zu einem branchenübergreifenden Netzwerk. Die Anpassung und Neugestaltung des Wertschöpfungssystems stellt Unternehmen vor **Herausforderungen**. Sie werden mit nahezu unüberschaubaren Möglichkeiten konfrontiert, aus denen sie die für sich erfolgsversprechenden Lösungen erkennen und den Wandel der Wertschöpfung planen müssen. Begrenzte Mittel müssen zielgerichtet eingesetzt werden, um die Wertschöpfung effizient anzupassen bzw. neu zu gestalten, dabei steigt die Komplexität des anstehenden Transformationsprozesses signifikant.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, muss die Gestaltung der Wertschöpfung strukturiert geplant und methodisch unterstützt werden. Es werden ein systematisches Vorgehen und dedizierte Hilfsmittel zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen benötigt. Ein besonderes Augenmerk muss dabei auf der Berücksichtigung von Änderungsauswirkungen und -abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Bereichen der Wertschöpfung liegen. Dies erfordert neben einem Vorgehensmodell zur Strukturierung der Aktivitäten insbesondere Hilfsmittel zur Gestaltung.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen dieser Arbeit existierende Ansätze zur Analyse der bestehenden Wertschöpfung, Methoden zur Auswirkungsanalyse, Ansätze zur Gestaltung der Wertschöpfung sowie unterstützende Ansätze untersucht. Hierbei wurden dedizierte Hilfsmittel für einzelne Teilaufgaben genauso berücksichtigt wie bestehende Systematiken zur Gestaltung der Wertschöpfung. Die betrachteten Ansätze liefern nur eine partielle Unterstützung bei der Wertschöpfungsgestaltung. Eine ganzheitliche Systematik, die alle Handlungsfelder abdeckt, existiert nicht.

Als Unterstützung bei der Analyse und Dokumentation der bestehenden Wertschöpfung, sowie zur Spezifikation des zukünftigen Wertschöpfungssystems wurden Ansätze zur Modellierung und Analyse von Geschäfts-, Service-, und Wertschöpfungsprozessen bewertet. Die *Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI* scheint am geeignetsten zu sein, um bestehende und zukünftige Wertschöpfung zu beschreiben. Sie erfüllt wichtige Anforderungen insb. im Hinblick auf Interdisziplinarität und allgemeine Verständlichkeit. Auch liefert das *SCOR-Modell* wichtige Erkenntnisse bei der Analyse der Wertschöpfung. Von den untersuchten Ansätzen zur Bestimmung der Auswirkungen wird der *Ansatz zur Analyse des systemischen Verhaltens* nach GAUSEMEIER ET AL. partiell aufgegriffen und an die Systematik angepasst. Bei der Betrachtung bestehender Ansätze zur Gestaltung der Wertschöpfung, ist der Ansatz aus dem *Forschungsprojekt Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke* (FlexNet) zur Beschreibung spezifizierter Bausteine vom besonderen Interesse. Er gibt wichtige Hinweise zur Beschreibung und dem Einsatz von *Referenzlösungen*. Die *Werkzeugkasten Industrie 4.0* nach ANDERL ET AL., sowie die *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus* nach WESTERMANN liefern wichtige Informationen, welche Funktionen von CPS in einem Wertschöpfungssystem realisiert werden müssen. Weitere Hinweise zu einer Wertschöpfungsstruktur für zukünftige digitalisierte hybride Marktleistungen liefert die *Technologische Infrastruktur* nach PORTER/HEPPELMANN. Zur ganzheitlichen Gestaltung der Wertschöpfung bedarf es jedoch einer Vielzahl an Anpassungen der untersuchten Ansätze. Aus diesen Gründen bestand Handlungsbedarf zur Entwicklung einer durchgängigen Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen.

Die erarbeitete Systematik greift partiell einige Überlegungen der untersuchten Ansätze auf und ergänzt sie um neu entwickelte Hilfsmittel. Das **Ergebnis** setzt sich aus vier übergeordneten Bestandteilen zusammen:

- Einer **Wertschöpfungsstruktur**, die das generische Abbild eines unternehmensindividuellen Wertschöpfungssystems darstellt und die Analyse und Gestaltung der Wertschöpfung unterstützt.
- **Transformationstreibern** und deren Ausprägungen, welche die Wertschöpfungsseitige Sicht der Marktleistung darstellen und deren Realisierung in einem erweiterten Wertschöpfungssystem der Auslöser für die Veränderungen der bestehenden Wertschöpfung ist.

- **Hilfsmitteln zur Umsetzung** die bei der Auswahl und Realisierung eines geeigneten Umsetzungspfades unterstützen.
- **einem Vorgehensmodell**, welches detailliert die durchzuführenden Tätigkeiten beschreibt und die entsprechenden Hilfsmittel den einzelnen Schritten zuweist.

Die Anwendung der Systematik in Kapitel 5 erfolgte anhand des Beispiels einer B2B-Plattform für Additive Manufacturing. Hierzu wurde das Vorgehensmodell der Systematik vollständig durchlaufen und die entwickelten Hilfsmittel angewendet. Das gewählte Anwendungsbeispiel belegt die Praxistauglichkeit der Systematik. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die erarbeitete Systematik die aufgestellten Anforderungen in gefordertem Umfang erfüllt.

Für die Gestaltung der Wertschöpfung besteht weiterer Handlungsbedarf. Hierbei lassen sich kurz-, mittel- und langfristige Forschungsherausforderungen identifizieren. **Kurzfristig** kann eine durchgängige Werkzeugunterstützung über alle Phasen der Systematik erarbeitet werden. Es bietet sich an, bestehende Werkzeuge, bspw. für die Wertschöpfungsmodellierung oder die Geschäftsmodellentwicklung, um die benötigten Aspekte zu erweitern und anzupassen. Die erarbeiteten Transformationstreiber und Referenzlösungen sollten zudem kontinuierlich erweitert und in ein übergeordnetes Wissensmanagementsystem integriert werden. Auf diese Weise können diese Dritten zugänglich gemacht werden.

Mittelfristig sollte die integrative Entwicklung der Marktleistung und des zugehörigen Wertschöpfungssystem fokussiert werden. Geschäftsmodelle und zugehörige Wertschöpfungssysteme sind frühzeitig aufeinander abzustimmen und parallel zu entwickeln. Auf Basis vorhandener Geschäftsmodellmuster können zugehörige Wertschöpfungsmuster erarbeitet und in eine Morphologie eingeordnet werden. Hierdurch kann eine verbesserte und schnelle Planung des Transformationsprozesses erreicht werden. Darüber hinaus ist es auf Grund der Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung erforderlich, auch mittelfristig weitere Transformationstreiber und deren Ausprägungen in die Systematik zu integrieren. Zudem hat die Systematik das Potential, auch in anderen Ausprägungen von CPS (siehe Abschnitt 2.2.3) die Gestaltung der Wertschöpfung zu unterstützen. Dazu sind Transformationstreiber und Ausprägungen für die entsprechenden Bereiche zu identifizieren und zu spezifizieren.

Langfristig muss die generische Struktur der Wertschöpfung zu einer Referenzarchitektur für dynamische Wertschöpfungsnetzwerke weiterentwickelt werden. Innerhalb dieser Netzwerke können die Vielzahl einzelner Wertschöpfungsprozesse durch autonome und wechselnde Partner erbracht werden. Die Bildung sogenannter ad-hoc Netzwerke, die sich an dem Bedarf des jeweiligen Unternehmens orientieren, wird so erheblich vereinfacht und stünde auch kleinen und mittleren Unternehmen offen. Des Weiteren stellt eine Referenzarchitektur die Grundlage von automatisierten Wertschöpfungssystemen (Vertragsverhandlungen und -abschluss) dar, welche wiederum noch flexiblere Netzwerke ermöglichen.

7 Abkürzungsverzeichnis

acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
BEN	Business Engineering Navigator
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Bsp.	Beispiel
Bspw.	Beispielweise
bzgl.	bezüglich
CAE	Computer-aided engineering (Rechnergestützte Entwicklung)
CONSENS	CONceptual design Specification technique for the Engineering of complex Systems
CPS	Cyber Physical System
CRM	Customer-Relationship-Management,
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMM	Domain-Mapping-Matrix
DSM	Design-Structure-Matrix
ERP	Enterprise-Resource-Planning
et al.	et alii
etc.	et cetera
FlexNet	Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke
GEMINI	Geschäftsmodelle für Industrie 4.0
HMI	Human-Machine-Interface
I/O	Input/Output-Interface
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IS	Informationssystem
IT	Informationstechnik
it's owl	Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe
ITS	Intelligentes Technisches System

KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
MDM	Multiple-Domain-matrix
MDS	Multi Dimensionale Skalierung
MES	Manufacturing Execution System
NC	Numerical Control (Numerische Steuerung)
OMEGA	Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse
Opt.	Optimierte
PAS	Publicly Available Specification (öffentlich verfügbare Spezifikation)
PDM	Produktdatenmanagement
PPS	Produktionsplanungs- und Steuerungssystem
PROMET	Prozess Methode
SCM	Supply-Chain-Management
SCOR	Supply-Chain-Operations-Reference-Modell
Serv.Biz	Business Transformation für hybride Wertschöpfungsnetzwerke
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
u.a.	unter anderem
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
WS	Wertschöpfung
z.B.	zum Beispiel

8 Literaturverzeichnis

- [AA10] AL-DEBEI, M. M.; AVISON, D.: Developing a unified framework of the business model concept. *European Journal of Information Systems*, Band 3, 2010, S. 359–376
- [Aca11] ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (HRSG.): *Cyber-physical Systems – Innovationsmotoren für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion* (acatech Position). Springer Verlag, Heidelberg, 2011
- [Aca16] ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, NATIONALE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN LEOPOLDINA, UNION DER DEUTSCHEN AKADEMIEN DER WISSENSCHAFTEN (HRSG.): *Additive Fertigung*. München, 2016
- [ACI+00] ALEXANDER, C.; CZECH, H.; ISHIKAWA, S.; JACOBSON, M.; KING, I. F.; SILVERSTEIN, M.: *Eine Muster-Sprache – Städte, Gebäude, Konstruktion; A pattern language*. Neuaufl., Löcker, Wien, 2000
- [Aff02] AFFELD, D.: *Mit Best Practice im Supply Chain Management (SCM) zur Optimierung der Wertschöpfungskette*. In: Voegelé, A.R.; Zeuch, M.P. (Hrsg.): *Supply Network Management*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2002
- [AH17] ANDELFINGER, V. P.; HÄNISCH, T.: *Industrie 4.0*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2017
- [Ahs13] AHSEN, A.V. (Hrsg.): *Bewertung von Innovationen im Mittelstand*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013
- [AIS77] ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M.: *A pattern language – Towns, buildings and construction*. Oxford University Press, 2, New York, 1977
- [Alt73] ALTSCHULLER, G. S.: *Erfinden - (k)ein Problem? Anleitung für Neuerer und Erfinder*. Tribüne, Berlin, 1973
- [Ams16] AMSHOFF, B.: *Systematik zur musterbasierten Entwicklung technologie-induzierter Geschäftsmodelle*. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 357, Paderborn, 2016
- [Ana15] ANACKER, H.: *Instrumentarium für einen lösungsmusterbasierten Entwurf fortgeschrittener mechatronischer Systeme*. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 354, Paderborn, 2015
- [And15] ANDERL, R.: *Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand*. VDMA-Verl., Frankfurt am Main, 2015
- [AP99] ALTMANN, J.; POMBERGER, G.: *Kooperative Softwareentwicklung: Konzepte, Modell und Werkzeuge*. In: Nüttgens, M.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Electronic Business Engineering*. Physica-Verlag HD, Heidelberg, 1999
- [AT03] AFUAH, A.; TUCCI, C. L.: *Internet business models and strategies – Text and cases*. 2. Edition, McGraw-Hill, Boston, 2003
- [Bac03] BACH, N.: *Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke – Wilfried Krüger zum 60. Geburtstag*. 1. Aufl., Gabler, Wiesbaden, 2003
- [Bau04] Baumbach, M.: *Aftersales-Management im Maschinen- und Anlagenbau*. 2., überarbeitete. Auflage, Transfer-Verlag, Regensburg, 2004
- [Bau13] BAUREIS, D.: *Eine Methode zur Identifikation erforderlicher Kompetenzen für hybride Leistungsbündel*. Europäischer Hochschulverlag, Bremen, 2013
- [Bau14] BAUERNHANSL, T.: *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik – Anwendung, Technologien und Migration*. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014

- [BBB+12] BACH, N.; BREHM, C.; BUCHHOLZ, W.; PETRY, T.: Wertschöpfungsorientierte Organisation. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2012
- [BBK+09] BECKER, J.; BEVERUNGEN, D.; KNACKSTEDT, R.; GLAUNER, C.; STYPMANN, M.; ROSENKRANZ, C.; SCHMITT, R.; HATFIELD, S.; SCHMITZ, G.; EBERHARDT, S.; DIETZ, M.; THOMAS, O.; WALTER, P.; LÖNNINGREN, H.-M.; LEIMEISTER, J. M.: Ordnungsrahmen für die hybride Wertschöpfung. In: Thomas, O.; Nüttgens, M. (Hrsg.): Dienstleistungsmodellierung. Physica-Verlag HD, Heidelberg, 2009
- [BBK+11] BECKER, J.; BEVERUNGEN, D.; KNACKSTEDT, R.; MATZNER, M.; MÜLLER, O.; PÖPPELBUß, J.: Flexible Informationssystem-Architekturen für hybride Wertschöpfungsnetzwerke (FlexNet). In: Becker, J.; Grob, H.L.; Hellingrath, B.; Klein, S.; Kuchen, H.; Müller-Funk, Ullrich, Vossen, Gottfried (Hrsg.): Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, 2011
- [BBK98] BROY, M.; BEECK, M. V. D.; KRÜGER, I.: SOFTBED: Problemanalyse für ein Großverbundprojekt "Systemtechnik Automobil - Software für eingebettete Systeme" – Abschlussbericht. Institut für Informatik, Technische Universität München, 1998
- [BD99] BAUMGARTEN, H.; DARKOW, I.-L.: Gestaltung und Optimierung von Logistiknetzwerken. In: Hossner, R. (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 1999. Verlagsgruppe Handelsblatt, Düsseldorf, 1999
- [Bec13] BECKMANN, H. (Hrsg.): Supply Chain Management – Strategien und Spitzenunternehmen in Spitzenunternehmen. Springer Berlin, Berlin, 2013
- [Ben07] BENDER, A.: Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken. Gito, 7, Berlin, 2007
- [BEP+16] BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R. (Hrsg.): Multivariate Analysemethoden. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016
- [Ber72] BERTALANFFY, L.: 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.; Meffert, M.; Menges, G.; Menke-Glückert, P.; Rapoport, A.; Scheuch, E.; Senghaas, D. (Hrsg.): Systemtheorie. Colloquium Verlag Otto H. Hess, Berlin, 1972
- [BEW+16] BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; WEIBER, R.; PLINKE, W.: Multidimensionale Skalierung. In: Backhaus, K.; Erichson, B.; Plinke, W.; Weiber, R. (Hrsg.): Multivariate Analysemethoden. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016
- [BEW15] BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; WEIBER, R.: Multidimensionale Skalierung. In: Backhaus, K.; Erichson, B.; Weiber, R. (Hrsg.): Fortgeschrittene Multivariate Analysemethoden. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015
- [BH08] BIENZEISLER, B.; HAMANN, K.: Perspektiven hybrider Wertschöpfung – Eine Broschüre aus dem Forschungsprojekt Serv.biz. IRB Verl., Stuttgart, 2008
- [BH15] BRUHN, M.; HADWICH, K. (Hrsg.): Interaktive Wertschöpfung durch Dienstleistungen – Strategische Ausrichtung von Kundeninteraktionen, Geschäftsmodellen und sozialen Netzwerken. Forum Dienstleistungsmanagement. Aufl. 2015, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2015
- [Bis15] BISCHOFF, J. (Hrsg.): Erschließen der Potenziale der Anwendung von „Industrie 4.0“ im Mittelstand. Kurzfassung der Studie. agiplan GmbH, Mülheim an der Ruhr, 2015
- [BK08] BECKER, J.; KRCMAR, H.: Integration von Produktion und Dienstleistung - Hybride Wertschöpfung. Wirtschaftsinformatik, Heft 3, 2008, S. 169–171
- [BKP08] BECKER, J.; KNACKSTEDT, R.; PFEIFFER, D.: Wertschöpfungsnetzwerke – Konzepte für das Netzwerkmanagement und Potenziale aktueller Informationstechnologien. Physica-Verlag, Heidelberg, 2008

- [BLK11] BERKOVICH, M.; LEIMEISTER, J. M.; KRCMAR, H.: Requirements Engineering für Product Service Systems. WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 6, 2011, S. 357–370
- [BM14] BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A.: The second Machine Age – Wie die nächste industrielle Revolution unser aller Leben verändern wird. neue Ausgabe, Plassen, Kulmbach, 2014
- [Bod09] BODE, A.: Wettbewerbsvorteile durch internationale Wertschöpfung – Eine empirische Untersuchung deutscher Unternehmen in China. 1. Aufl., Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2009
- [Bog17-ol] Otto Boge GmbH & Co. KG: BOGE selectcair. Unter: <https://www.boge.com/de/selectcair>, zuletzt eingesehen am: 17.10.2017
- [Bol96] BOLLINGER, T.: Assoziationsregeln - Analyse eines Data Mining Verfahrens. Informatik-Spektrum, 5, 1996, S. 257–261
- [Bot07] BOTTA, C.: Rahmenkonzept zur Entwicklung von Product-Service Systems – Product-Service Systems Engineering. Eul-Verlag, Lohmar, 2007
- [BÖW04] BAUMÖL, U.; ÖSTERLE, H.; WINTER, R.: Business-Engineering in der Praxis – Mit 9 Tabellen. Springer, Berlin, 2004
- [BPR07] BOLSTORFF, P.; POLUHA, R. G.; ROSENBAUM, R. G.: Spitzenleistungen im Supply Chain Management – Ein Praxishandbuch zur Optimierung mit SCOR. Springer, Berlin, 2007
- [Bro01] BROWNING, T. R.: Applying the design structure matrix to system decomposition and integration problems. IEEE Transactions on Engineering Management, 3, 2001, S. 292–306
- [Bro10] BROY, M.: Cyber-Physical Systems – Innovation durch Software-intensive eingebettete Systeme. Springer Berlin Heidelberg, 2010
- [BSM+14] BAUER, W.; SCHLUND, S.; MARRENBACH, D.; GANSCHAR, O.: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland - Bitkom Studie. 2014
- [BU03] BORCHERT, M.; URSPRUCH, T.: Unternehmensnetzwerke. Diskussionsbeiträge der Fakultät Wirtschaftswissenschaft, Institut für strategische Unternehmensführung, Universität Duisburg Essen, Standort Duisburg, 2003
- [Bun09] BUNGERT, F.: Pattern-basierte Entwicklungsmethodik für Product Lifecycle Management. Schriftenreihe Produktentwicklung und Konstruktionsmethodik, Aachen, 2009
- [BV08] BANKHOFER, U.; VOGEL, J.: Datenanalyse und Statistik – Eine Einführung für Ökonomen im Bachelor. 1. Aufl., Gabler, Wiesbaden, 2008
- [CMM+17] BESENFELDER, C.; BRÜGGENOLTE, M.; AUSTERJOST, M.; KÄMMERLING, N.; PÖTING, M.; SCHWEDE, C.; SCHELLERT, M.: Paradigmenwechsel der Planung und Steuerung von Wertschöpfungsnetzen. Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund, 2017
- [CR02] CHESBROUGH, H.; ROSENBLOOM, R. S.: The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies. Industrial and Corporate Change, 3, 2002, S. 529–555
- [Dan09] DANGELMAIER, W.: Nachhaltigkeit in flexiblen Produktions- und Liefernetzwerken – [Tagungsband : Beiträge der Veranstaltung „Nachhaltigkeit in Flexiblen Produktions- und Liefernetzwerken“, die als 11. Paderborner Frühjahrstagung am 2. April 2009 im Heinz Nixdorf Institut in Paderborn stattfand]. Monsenstein und Vannerdat, Münster, 2009
- [DEH+09] DIETZ, M.; EBERHARDT, S.; HATFIELD, S.; SCHMITT, R.; SCHMITZ, G.: HyPro - strategische Veränderung zum hybriden Produzenten – Abschlussbericht. 1. Aufl., Apprimus-Verl., Aachen, 2009
- [Del13] DELOITTE & TOUCHE GMBH WIRTSCHAFTSPRÜFUNGSGESELLSCHAFT (HRSG.): Digitalisierung im Mittelstand. 2013

- [DGK+15] DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; KÜHN, A.; LUCKEY, M.; SCHNEIDER, M.: Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Erfolgsfaktor Referenzarchitektur. Paderborn, 2015
- [DIN8580] DIN8580: Fertigungsverfahren – Begriffe, Einleitung. Beuth Verlag, Berlin, 2003
- [DJG12] DUMITRESCU, R.; JÜRGENHAKE, C.; GAUSEMEIER, J.: Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe. Proceedings of the SysInt 2012, 2012, S. 24-27
- [DLR11] DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V. Projektträger DLR: BMBF - Programm „Innovationen mit Dienstleistungen“ – Integration von Produktion und Dienstleistung Themenheft zum Förderschwerpunkt. 2011
- [Dud17-ol] DUDEN: System. Unter: <http://www.duden.de/rechtschreibung/System>, 07.06.2017
- [Dud18-ol] DUDEN: uno actu. Unter: https://www.duden.de/rechtschreibung/uno_actu, 05.03.2018
- [Dum11] DUMITRESCU, R.: Entwicklungssystematik zur Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 286, Paderborn, 2011
- [Dum17] DUMITRESCU, R.: Der Weg zu intelligenten technischen Systemen. In: Wissenschaftsforum Intelligente Technische Systeme (WInTeSys). Paderborn, 11. und 12. Mai 2017
- [EDB+15] EMMRICH, V.; DÖBELE, M.; BAUERNHANSEL, T.; PAULUS-ROHMER, D.; SCHATZ, A.; WESKAMP, M. (Hrsg.): Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0 - Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau. 2015
- [EGK+16] ECHTERHOFF, B.; GAUSEMEIER, J.; KOLDEWEY, C.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; SEIF, H.: Geschäftsmodelle für die Industrie 4.0 – Digitalisierung als große Chance für zukünftigen Unternehmenserfolg. In: Kraft, P.; Jung, H.H. (Hrsg.): Digitale Transformation der Wertschöpfung. Hanser, Carl, München, 2016
- [Ehr07] EHRLENSPIEL, K.: Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 3. aktualisierte Auflage, Hanser, München [u.a.], 2007
- [EIO+08-ol] EUROPEAN COMMISSION; INTERNATIONAL MONETARY FUND; ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT; UNITED NATIONS; WORLD BANK (HRSG.): System of National Accounts. Unter: <https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SNA2008.pdf>, 12.06.2017
- [Eur09-ol] EUROPEAN COMMISSION: Cooperation Theme 3 – ICT - Information and Communications Technologies. Updated Work Programme 2009 and Work Programme 2010. Unter: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2009-10_en.pdf, 29.07.2017
- [Exp16] EXPERTENKOMMISSION FORSCHUNG UND INNOVATION (HRSG.): Gutachten zur Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. Berlin, 2016
- [Fah95] FAHRWINKEL, U.: Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering. Dissertation, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 1, Paderborn, 1995
- [FD14] FORSTNER, L.; DÜMMLER, M.: Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke - Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0. Elektrotechnik & Informationstechnik, Heft 7, 2014, S. 199–201
- [FG13] FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.: Pahl/Beitz Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8., vollständig überarbeitete Auflage 2013, Springer, Berlin, Heidelberg, 2013
- [FGH18] FAY, A.; GAUSEMEIER, J.; HOMPEL, M. TEN (Hrsg.): Einordnung der Beispiele der Industrie-4.0-Landkarte in die Anwendungsszenarien. 2018
- [FHR+17] FELDMANN, S.; HERWEG, O.; RAUNEN, H.; SYNEK, P.-M.: Predictive Maintenance – Service der Zukunft – und wo er wirklich steht. Roland Berger, VDMA, Deutsche Messe, 2017

- [Fli09] FLIEß, S.: Dienstleistungsmanagement – Kundenintegration gestalten und steuern. 1. Aufl., Gabler, Wiesbaden, 2009
- [Fra17-ol] FRANK, N.: Powering the Future – Rolls Royce Total Care Business Success. Unter: <http://productserviceinnovation.com/home/2014/08/20/powering-the-future-rolls-royce-total-care-business-success/>, zuletzt eingesehen am: 03.08.2017
- [Fri13] FRIEDRICH, S.: Einsatzmöglichkeiten einer Design-structure-matrix im rahmen des des Strategischen Projektmanagements – Studienarbeit, Fakultät für Wirtschaft und Management, Technische Universität Berlin, Berlin, 2008. Grin Verlag, Berlin, 2013
- [Fuc07] FUCHS, C. H.: Life Cycle Management investiver Produkt-Service Systeme. Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, Produktionstechnische Berichte aus dem FBK, Kaiserslautern, Band 04/2007, 2007
- [GAC+13] GAUSEMEIER, J.; ANACKER, H.; CZAJA, A.; WAßMANN, H.: Auf dem Weg zu intelligenten technischen Systemen. In: Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): Entwurf mechatronischer Systeme – 9. Paderborner Workshop. HNI-Verlagschriftenreihe, Band 310, Paderborn, 2013
- [Gai96] GAITANIDES, M.: Prozessorganisation. In: Kern, W. (Hrsg.): Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1996
- [Gau09] GAUSMANN, O.: Kundenindividuelle Wertschöpfungsnetze – Gestaltungsempfehlungen unter Berücksichtigung einer auftragsorientierten Produktindividualisierung. Gabler Verlag/GWV Fachverlage GmbH., Wiesbaden, 2009
- [Gau10] GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Frühzeitige Zuverlässigkeitsanalyse mechatronischer Systeme. Hanser, München, Wien, 2010
- [GB10] GANZ, W.; BIENZEISLER, B. (Hrsg.): Management hybrider Wertschöpfung – Potenziale, Perspektiven und praxisorientierte Beispiele. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart, 2010
- [GB12] GEISBERGER, E.; BROY, M.: AgendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems (acatech Studie). Springer, 1, Berlin, Heidelberg, 2012
- [GBS+17-ol] GRONAU, N.; BECKER, J.; SINZ, E.; SUHL, L.; LEIMEISTER, J. M.: Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik – NC. Unter: [http://www.encyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Computer-Integrated-Manufacturing-\(CIM\)/Rechnerunterstützte-Fertigungsplanung-\(CAP\)/NC](http://www.encyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Computer-Integrated-Manufacturing-(CIM)/Rechnerunterstützte-Fertigungsplanung-(CAP)/NC), Letzter Abruf: 28.06.2017
- [GCD15] GAUSEMEIER, J.; CZAJA, A.; DÜLME, C.: Innovationspotentiale auf dem Weg zu Industrie 4.0. In: Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): Entwurf mechatronischer Systeme, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 343, Paderborn, 2015
- [GDJ+14] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; JASPERNEITE, J.; KÜHN, A.; TRSEK, H.: Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL. Paderborn, 2014
- [GDS+13] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; STEFFEN, D.; CZAJA, A.; TSCHIRNER, C.; WIEDERKEHR, O.: Systems Engineering in der industriellen Praxis. Heinz Nixdorf Institut, 2013
- [GEK11] GAUSEMEIER, J.; ECHTERHOFF, N.; KOKOSCHKA, M.: Direct Manufacturing – innovative Fertigungsverfahren für die Produkte von morgen. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 7. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Verlagschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Nr. 300, Paderborn, 2011
- [GFC13] GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle entwickeln. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München, 2013
- [GFD+08a] GAUSEMEIER, J.; FRANK, U.; DONOTH, J.; KAHL, S.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinzipiellösung selbstoptimierender Systeme des Maschinenbaus (Teil 1). Konstruktion, Springer-VDI-Verlag, Berlin, 2008, S. 59–66

- [GFD+08b] GAUSEMEIER, J.; FRANK, U.; DONOTH, J.; KAHL, S.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme des Maschinenbaus (Teil 2). Konstruktion, Springer-VDI-Verlag, Berlin, 2008, S. 91–99
- [GKF08] GEBAUER, H.; KREML, R.; FLEISCH, E.: Service development in traditional product manufacturing companies. *European Journal of Innovation Management*, 2, 2008, S. 219–240
- [GKR13] GAUSEMEIER, J.; KÖSTER, O.; RÜBBELKE, R.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung, Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Nr. 113, Paderborn, 2013
- [GLG08] GRIESSBACH, S.; LACH, R.; GRELLMANN, W.: *Serienfertigung hochfester Kunststoffbauteile, Kunststoffe*, 5/2008. Carl Hanser Verlag, München, 2008
- [GLL12] GAUSEMEIER, J.; LANZA, G.; LINDEMANN, U.: *Produkte und Produktionssysteme integrativ konzipieren – Modellbildung und Analyse in der frühen Phase der Produktentstehung*. Hanser Verlag, München, 2012
- [Glo09] GLOCK, C.: *Koordination von Zuliefernetzwerken – Integrierte Losgrößenmodelle zur kostenorientierten Steuerung von Zulieferer-Abnehmer-Beziehungen*. Gabler, Wiesbaden, 2009
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen*. 2. überarbeitete Auflage, Hanser, München, 2014
- [GS13] GANSCHAR, O.; SPATH, D.: *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0 – Studie*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2013
- [GTS14] GAUSEMEIER, J.; TRÄCHTLER, A.; SCHÄFER, W. (Hrsg.): *Semantische Technologien im Entwurf mechatronischer Systeme – Effektiver Austausch von Lösungswissen in Branchenwertschöpfungsketten*. Carl Hanser Verlag, München, 2014
- [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 - Abschlussbericht GEMINI*. Paderborn, 2017
- [GWW16] GORLDT, C.; WIESNER, S.; WESTPHAL, I.: *Product-Service Systems im Kontext von Industrie 4.0 Auf dem Weg zu CPSS*. *Industrie Management*, 1, 2016, S. 15–18
- [Hag17] HAGENHOFF, S.: *Kooperationsformen – Grundtypen und spezielle Ausprägungen*. Unter: <https://www.econbiz.de/Record/kooperationsformen-grundtypen-und-spezielle-auspraegungen-hagenhoff-svenja/10005869037>. 27.10.2017
- [Hag17-ol] HAGLEITNER: *Hagleitner senseManagement*. Unter: <http://www.hagleitner.com/de/hagleitner-hsm/>, zuletzt eingesehen am: 13.08.2017
- [Han10] HANSEN, S.-C.: *Bestimmung und Bewertung der Wirkungen von Informationssystemen*. 1. Auflage, Eul, Band 67, Lohmar, Köln, 2010
- [Han55] HANSEN, F.: *Konstruktionssystematik – Eine Arbeitsweise für fortschrittliche Konstrukteure*. 2. Auflage, VEB Verlag, Berlin, 1955
- [Hau03] HAUPT, S.: *Digitale Wertschöpfungsnetzwerke und kooperative Strategien in der deutschen Lackindustrie*. Dissertation, Universität St. Gallen, Dissertation Nr. 2810, Difo-Druck, 2003
- [HB09] HELPUP, A.; BLEIS, C.: *Management - Die Kernkompetenzen*. De Gruyter, München, 2009
- [Hel14] HELLERT, U.: *Arbeitszeitmodelle der Zukunft*. 1., Auflage, Haufe-Lexware, Freiburg im Breisgau, 2014
- [Hir14a] HIRSCH-KREINSEN, H.: *Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“ - Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38/2014*, Technische Universität Dortmund, 2014

- [Hir14b] HIRSCH-KREINSEN, H.: Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt? Friedrich-Ebert-Stiftung, Abt. Wirtschafts- und Sozialpolitik, Bonn, 2014
- [HM02] HOLTEN, R.; MELCHERT, F.: Das Supply Chain Operations Reference (SCOR)-Modell. In: Becker, J.; Knackstedt, R. (Hrsg.): Wissensmanagement mit Referenzmodellen. Physica-Verl., Heidelberg, 2002
- [Hof00] HOFER, M.: Medienökonomie des Internet. Lit, Bd. 1, Münster, 2000
- [HTF96] HARASHIMA, F.; TOMIZUKA, M.; FUKUDA, T.: Mechatronics - What Is It, Why, and How? In: IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Volume 1, 1996, S. 1–4
- [HUB15] HERTERICH, M.; UEBERNICKEL, F.; BRENNER, W.: Nutzenpotentiale cyber-physischer Systeme für industrielle Dienstleistungen 4.0. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 5, 2015, S. 665–680
- [HWD+17] HOBSCHEIDT, D.; WESTERMANN, T.; DUMITRESCU, R.; DÜLME, C.; GAUSEMEIER, J.; HEPPNER, H.; MAIER, G.: Leistungsbewertung von Unternehmen im Kontext von Industrie 4.0. In: Bodden, E.; Dressler, F.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Meyer auf der Heide, Friedhelm; Scheytt, C.; Trächtler, A. (Hrsg.): Wissenschaftsforum Intelligente Technische Systeme (WInTeSys) 2017. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn, 2017
- [IHK16] DEUTSCHER INDUSTRIE- UND HANDELSKAMMERTAG (Hrsg.): Wirtschaft 4.0: Große Chancen, viel zu tun – Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung. Berlin, 2016
- [its17-ol] IT'S OWL CLUSTERMANAGEMENT GMBH: Intelligente Technische Systeme OstWestfalen-Lippe. Unter: <http://www.its-owl.de/home>. Letzter Zugriff 20.10.2017
- [Iwa17] IWANEK, P. L.: Systematik zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme im Maschinen- und Anlagenbau. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, 2017
- [Jan10] JANELLO, C.: Wertschöpfung im digitalisierten Buchmarkt. 1. Aufl., Gabler, Wiesbaden, 2010
- [JL88] JOHNSTON, R.; LAWRENCE, P. R.: Beyond Vertical Integration - The Rise of the Value-Adding Partnership. Harvard Business Review, 4, 1988, S. 64–77
- [Kah13] KAHL, S.: Rahmenwerk für einen selbstoptimierenden Entwicklungsprozess fortschrittlicher mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 308, Paderborn, 2013
- [Kai14] KAISER, L.: Rahmenwerk zur Modellierung einer plausiblen Systemstruktur mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 327, Paderborn, 2014
- [Kar01] KARNANI, F.: Virtuelle Wertschöpfungskette - mit revolutionären Strategiekonzepten die Märkte erobern. In: Gora, W.; Bauer, H. (Hrsg.): Virtuelle Organisationen im Zeitalter von E-Business und E-Government. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2001
- [Kär17-ol] KÄRCHER: Kärcher Fleet. Unter: <https://www.kaercher.com/de/professional/connected-cleaning/kaercher-fleet.html>, zuletzt eingesehen am: 10.08.2017
- [KBL13] KRALLMANN, H.; BOBRIK, A.; LEVINA, O.: Systemanalyse im Unternehmen – Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik. De Gruyter, München, 2013
- [KD96] KRALLMANN, H.; DERSZTELER, G.: Systemanalyse im Unternehmen – Geschäftsprozeßoptimierung, partizipative Vorgehensmodelle, objektorientierte Analyse. 2. durchges. Aufl., Oldenbourg, München, 1996
- [KDG+16] KAGE, M.; DREWEL, M.; GAUSEMEIER, J.; SCHNEIDER, M.: Value Network Design for Innovations – Developing Alternative Value Network Drafts. Technology Innovation Management Review, Volume 6, Issue 7, 2016, S. 21–33

- [KDM+18] KNOSPE, O.; DREWEL, M.; MITTAG, T.; PIERENKEMPER, C.; HOBSCHEIDT, D.: Leistungssteigerung durch Industrie 4.0 für kleine und mittlere Unternehmen. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 1-2, 2018, S. 83–87
- [KH02] KUHN, A.; HELLINGRATH, B.: Supply-chain-Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokio, 2002
- [Kis03] KISKI, T. W.: Grundlagen eines systematischen Vorgehensmodells zur Transformation von Unternehmen in die digitale vernetzte Welt. Dissertation, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Universität-Gesamthochschule Essen, 2003
- [KJ16] KRAFT, P.; JUNG, H.H. (Hrsg.): Digitale Transformation der Wertschöpfung – Treiber und Erfolgsmodelle für die Industrie 4.0. Hanser, Carl, München, 2016
- [Kle07] KLEINALTENKAMP, M.: Markt- und Produktmanagement. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2007
- [Kne03] KNECHT, F.: Strategische Positionierung in Wertschöpfungsnetzen. Universität St. Gallen, Difo-Druck, Dissertation Nr. 2755, Bamberg, 2003
- [Kno69] KNOBLICH, H.: Zwischenbetriebliche Kooperation : Wesen, Formen und Ziele. Zeitschrift für Betriebswirtschaft : ZfB, Vol. 39, Nr. 6, 1969, Gabler/GWV-Fachverlag, Wiesbaden, S. 497–514
- [KNP16] KREUTZER, R. T.; NEUGEBAUER, T.; PATTLOCH, A.: Digital Business Leadership: Digitale Transformation - Geschäftsmodell-Innovation - agile Organisation - Change-Management. Springer Science and Business Media; Springer Gabler, Wiesbaden, 2016
- [Kös14] KÖSTER, O.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 326, Paderborn, 2014
- [Kot07] KOTLER, P.: Marketing-Management – Strategien für wertschaffendes Handeln. 12. aktualisierte. und überarbeitete Auflage, Pearson Studium, München, 2007
- [KRH+14] KAGERMANN, H.; RIEMENSPERGER, F.; HOKE, D.; SCHUH, G.; SCHEER, A.-W.; SPATH, D.; LEUKERT, B.; WAHLSTER, W.; ROHLEDER, B.; SCHWEER, D. (Hrsg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft - Abschlussbericht. 2014
- [KS02] KOUSHIK, S.; STRAETEN, D.: Eine strategische Roadmap zur Implementierung von E-Business-Lösungen. In: Weiber, R. (Hrsg.): Handbuch Electronic Business. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2002
- [KWH13] KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (Hrsg.): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. 2013
- [Lan04] LANGMANN, R.: Taschenbuch der Automatisierung – Mit 430 Bildern und 110 Tabellen. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser, München, 2004
- [LB16] LEYH, C.; BLEY, K.: Digitalisierung. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 1, 2016, S. 29–41
- [Len02] LENZEN, M.: Natürliche und künstliche Intelligenz – Einführung in die Kognitionswissenschaft. Campus Verl., Frankfurt, 2002
- [LG08] LEIMEISTER, J. M.; GLAUNER, C.: Hybride Produkte – Einordnung und Herausforderungen für die Wirtschaftsinformatik. WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 3, 2008, S. 248–251
- [LMB09] LINDEMANN, U.; MAURER, M.; BRAUN, T.: Structural complexity management – An approach for the field of product design. Springer, Berlin, 2009

- [Lüc96] LÜCKE, W.: Wertschöpfungsketten und Wertketten im Prozeßkettenmanagement. Zeitschrift für Planung : ZP, Vol. 7, Physica-Verlag, Heidelberg, 1996, S. 193–204
- [Mai98] MAIER, M. W.: Architecting principles for systems-of-systems. Systems Engineering, 4, 1998, S. 267–284
- [Mal06] MALLERET, V.: Value Creation through Service Offers. European Management Journal, 1, 2006, S. 106–116
- [Mau07] MAURER, M. S.: Structural awareness in complex product design. 1. Aufl., Verl. Dr. Hut, München, 2007
- [MBH15] MEFFERT, H.; BRUHN, M.; HADWICH, K.: Dienstleistungsmarketing – Grundlagen - Konzepte - Methoden. 8. vollständige überarbeitete und erweiterte Auflage 2015, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015
- [MF10] MATTERN, F.; FLÖRKEMEIER, C.: Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. In: Informatik Spektrum, 2010, S. 107–121
- [MHB15] MATT, C.; HESS, T.; BENLIAN, A.: Digital Transformation Strategies. Business & Information Systems Engineering, 5, 2015, S. 339–343
- [Mir02] MIROSCHEJ, S. A. D.: Globale Unternehmens- und Wertschöpfungsnetzwerke – Grundlagen - Organisation - Gestaltung. 1. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Band 41, Wiesbaden, 2002
- [MK07] MÖSLEIN, K.; KÖLLING, M.: Interaktive hybride Wertschöpfung als Innovationsstrategie. In: Streich, D.; Wahl, D. (Hrsg.): Innovationsfähigkeit in einer modernen Arbeitswelt. Campus Verl., Frankfurt am Main, 2007
- [ML03] MÜLLER-STEWENS, G.; LECHNER, C.: Strategisches Management – Wie strategische Initiativen zum Wandel führen: der St. Galler General Management Navigator. 2. überarbeitete und erw. Aufl., Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2003
- [MRG+18] MITTAG, T.; RABE, M.; GRADERT, T.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Building blocks for planning and implementation of smart services based on existing products. In: 10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, IPSS, 29-31 May, Linköping, Sweden, 2018
- [MS16] MERZ, S. L.; SIEPMANN, D.: Industrie 4.0 – Vorgehensmodell für die Einführung. In: Roth, A. (Hrsg.): Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016
- [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, Friedhelm; Scheytt, C.; Trächtler, A. (Hrsg.): Wissenschaftsforum Intelligente Technische Systeme (WInTeSys) 2017. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn, 2017
- [MSG16] MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; GAUSEMEIER, J.: Business Model Based Configuration of Value Creation Networks. In: Pretorius, Hosni et al. (Ed.) 2016 – 25th International Association for Management, 2016
- [MU12] MEIER, H.; UHLMANN, E.: Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen – Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel. Springer Vieweg, Berlin, 2012
- [Mün16] MÜNCHENER KREIS (HRSG.): Neue Produkte in der digitalen Welt. München, 2016
- [Neu09] NEUNER, C.: Konfiguration internationaler Produktionsnetzwerke unter Berücksichtigung von Unsicherheit. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2009
- [Oeh10] OEHLRICH, M.: Betriebswirtschaftslehre – Eine Einführung am Businessplan-Prozess. 2. überarb. und aktualisierte Aufl., Vahlen, München, 2010
- [OP13] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business model generation – A handbook for visionaries, game changers, and challengers. Wiley, Hoboken, N.J., 2013

- [ÖW03] ÖSTERLE, H.; WINTER, R.: Business Engineering – Auf dem Weg zum Unternehmen des Informationszeitalters. 2. neu bearb. und erw. Aufl., Springer, Berlin, 2003
- [PAS1091] PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION: Schnittstellenspezifikationen zur Integration von Sach- und Dienstleistung, Beuth Verlag, Berlin, 2010
- [Pat82] PATZAK, G.: Systemtechnik, Planung komplexer innovativer Systeme – Grundlagen, Methoden, Techniken. Springer, Berlin [u.a.], 1982
- [PE97] PIMMLER, T.; EPPINGER, S.: Integration Analysis of Product Decompositions. In: Proceeding of the ASME 6th international Conference on Design Theory and Methodology, Minneapolis, 1997
- [PH14] PORTER, E.; HEPPELMANN, J. E.: Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern. Harvard Business Manager, Dezember 2014, 2014
- [PH15] PORTER, E.; HEPPELMANN, J. E.: Wie smarte Produkte Unternehmen verändern. Harvard Business Manager, 12/2015, 2015
- [Pic08] PICOT, A.: Ein neuer Ansatz zur Gestaltung der Leistungstiefe. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Vol. 43, 2008, S. 336–357
- [Pil06] PILLER, F. T.: Mass Customization – Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. 4. überarb. und erw. Aufl., Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden, 2006
- [Pla17-ol] PLATTFORM INDUSTRIE 4.0: Landkarte der Anwendungsbeispiele. Unter: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html>
- [Pol14] POLLERT, A.: Duden Wirtschaft von A bis Z – Grundlagenwissen für Schule und Studium, Beruf und Alltag. Bibliographisches Institut GmbH, Berlin, 2014
- [Por00] PORTER, M. E.: Wettbewerbsvorteile – Spitzenleistungen erreichen und behaupten (Competitive advantage). 6. Aufl., Campus-Verl., Frankfurt/Main [u.a.], 2000
- [Por86] PORTER, M. E.: Competition in global industries. Harvard Business School Press, Boston, Mass., 1986
- [PS14] POLUHA, R. G.; SEIBT, D.: Anwendung des SCOR-Modells zur Analyse der Supply Chain – Explorative empirische Untersuchung von Unternehmen aus Europa, Nordamerika und Asien. 6. überarb. Aufl., Eul, 50, Lohmar [u.a.], 2014
- [Red11] REDLICH, T.: Systematik der Wertschöpfung im Kontext industrieller Produktion. In: Redlich, T.; Wulfsberg, J.P. (Hrsg.): Wertschöpfung in der Bottom-up-Ökonomie. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011
- [Rei17] REINHART, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. Carl Hanser Verlag, München, 2017
- [Rit05] RITSCH, K.: Wissensorientierte Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität Graz, Shaker Verlag, Band 3, Aachen, 2005
- [RPI09] REICHWALD, R.; PILLER, F.; IHL, C.: Interaktive Wertschöpfung – Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. 2. vollst. überarb. und erw. Aufl., Gabler, Wiesbaden, 2009
- [RS95] RAYPORT, J. F.; SVIKOLA, J. J.: Exploiting the Virtual Value Chain. Harvard Business Review, 1995, S. 75–85
- [RW11] REDLICH, T.; WULFSBERG, J.P. (Hrsg.): Wertschöpfung in der Bottom-up-Ökonomie. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011

- [SAG+17] SCHUH, G.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; HOMPEL, M. TEN; WAHLSTER, W. (Hrsg.): Industrie 4.0 Maturity Index – Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech STUDIE). Herbert Utz Verlag, München, 2017
- [San16] SANDMANN, J.-H.: Integration von Kundenaktivitäten in das Blueprinting von Dienstleistungsprozessen. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016
- [SCC08] Supply Chain Council: SCOR® supply chain operations reference model. The Supply Chain Council, Inc, Cypress, Texas, 2008
- [Sch16a] SCHALLMO, D. R.: Jetzt digital transformieren. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016
- [Sch16b] SCHRÖDER, C.: Herausforderungen von Industrie 4.0 für den Mittelstand. Friedrich-Ebert-Stiftung, Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik, Bonn, 2016
- [Sch17-ol] SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG: Predictive Maintenance für Werkzeugmaschinen 4.0. Unter: https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/brochure/downloads_1/owm_de_de.pdf, Letzter Aufruf: 13.10.2017
- [Sch18] SCHNEIDER, M.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagschriftenreihe, Band 386, Paderborn, 2018
- [Sch97] SCHMIDT, D. O.: Unternehmenskooperationen in Deutschland – Voraussetzungen und Verbreitung. Gabler Edition Wissenschaft, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1997
- [SD06] SPATH, D.; DEMÜß, L.: Entwicklung hybrider Produkte - Gestaltung materieller und immaterieller Leistungsbündel. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W.; Schneider, K. (Hrsg.): Service Engineering. Springer, Berlin, 2006
- [Sel11] SELINGER, G.: Montage und Demontage. In: Grote, K.-H.; Feldhusen, J. (Hrsg.): Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau. Springer-Verlag, Berlin, 23. Auflage, 2011
- [SGB07] SPATH, D.; GANZ, W.; BIENZEISLER, B.: Die Analyse von Zeittreibern als Ansatzpunkt für das Management hybrider Wertschöpfung. In: Bruhn, M.; Stauss, B. (Hrsg.): Wertschöpfungsprozesse bei Dienstleistungen. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2007
- [Sho82] SHOSTACK, L. G.: How to Design a Service. European Journal of Marketing, 1, 1982, S. 49–63
- [SJ99] SCHOLZ-REITER, B.; JAKOBZA, J.: Supply Chain Management - Überblick und Konzeption. HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik, Band 207, 1999, S. 7–15
- [SJM08] SWOBODA, B.; JAGER, M.; MEIERER, M.: Dekonstruktion von Wertschöpfungsketten. WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 10, 2008, S. 532–539
- [SL02] SCHEER, C.; LOOS, P.: Internetbasierte Geschäftsmodelle – Neue Möglichkeiten der Wertschöpfungsorganisation in der Internet-Ökonomie. In: Dangelmaier, W. (Hrsg.): Modelle im E-Business. Fraunhofer-Anwendungszentrum für Logistikorientierte Betriebswirtschaft; Heinz-Nixdorf-Institut, Bandd. 8, Paderborn, Paderborn, 2002
- [SMG16] SCHNEIDER, M.; MITTAG, T.; GAUSEMEIER, J.: Modeling Language for Value Networks. In: Pretorius, Hosni et al. (Ed.) 2016 – 25th International Association for Management, 2016
- [Spr17-ol] SPRINGER GABLER VERLAG (HRSG): Gabler Wirtschaftslexikon Stichwort: Wertschöpfung. Unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54898/wertschoepfung-v10.html>, 12.06.2017
- [SRA+16] SCHALLMO, D.; RUSNIAK, A.; ANZENGRUBER, J.; WERANI, T.; JÜNGER, M.: Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Springer Science and Business Media; Springer Gabler, Wiesbaden, 2016

- [SS04] SCHMELZER, H. J.; SESSELMANN, W.: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis – Kunden zufrieden stellen - Produktivität steigern - Wert erhöhen. 4. erw. Aufl., Hanser, München, 2004
- [Sta08] STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.): Klassifikation der Wirtschaftszweige – Mit Erläuterungen. Wiesbaden, 2008
- [Sta14] STATISTISCHES BUNDESAMT (Destatis): Produzierendes Gewerbe, Fachserie 4, Reihe 4.1.2. 2014
- [Ste81] STEWARD, D. V.: The design structure system. IEEE Transactions on Engineering Management, 3, 1981, S. 71–74
- [Sto10] STOLL, K.: Planung und Konzipierung von Marktleistungen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 270, Paderborn, 2010
- [Str96] STRUBE, G. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Klett-Cotta, Stuttgart, 1996
- [Str98] STRUBE, G.: Modelling Motivation and Action Control in Cognitive Systems. In: Schmid, Krems et al. (Eds.) 1998 – Mind Modelling
- [Suh93] SUHM, A.: Produktmodellierung in wissensbasierten Konstruktionssystemen auf der Basis von Lösungsmustern. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Karlsruhe, Reihe Konstruktionstechnik, Aachen, 1993
- [SVS16] SAAM, M.; VIETE, S.; SCHIEL, S.: Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen - Forschungsprojekt im Auftrag der KfW Bankengruppe. Mannheim, 2016
- [Syd01] SYDOW, J.: Zwischenbetriebliche Kooperation. In: Jost, P.-J. (Hrsg.): Der Transaktionskostenansatz in der Betriebswirtschaftslehre. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2001
- [Syd05] SYDOW, J.: Strategische Netzwerke – Evolution und Organisation. 6. Nachdruck, Gabler, 100, Wiesbaden, 2005
- [Syd10] SYDOW, J.: Management von Netzwerkorganisationen – Zum Stand der Forschung. In: Sydow, J. (Hrsg.): Management von Netzwerkorganisationen. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2010
- [TBN+13] TRIER, M.; BOBRIK, A.; NEUMANN, N.; WYSSUSSEK, B.: Systemtheorie und Modell. In: Krallmann, H.; Bobrik, A.; Levina, O. (Hrsg.): Systemanalyse im Unternehmen. Oldenbourg Wissenschaftsverlag Verlag, München, 2013
- [Thy17-ol] THYSENKRUPP: Max – Service der nächsten Generation. Unter: <https://max.thyssenkrupp-elevator.com/de/>, zuletzt eingesehen am: 11.08.2017
- [TNF17] THOMAS, O.; NÜTTGENS, M.; FELLMANN, M. (Hrsg.): Smart Service Engineering – Konzepte und Anwendungsszenarien für die digitale Transformation. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2017
- [Töp07] TÖPFER, A.: Betriebswirtschaftslehre. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007
- [UKT08] UEDA, K.; KITO, T.; TAKENAKA, T.: Modelling of value creation based on Emergent Synthesis. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 1, 2008, S. 473–476
- [UNI14] UNITY AG (Hrsg.): Vom Produkt- zum Servicegeschäft: Entwicklung innovativer Dienstleistungen. Büren, 2014
- [UNI17-ol] UNITY AG: OMEGA Prozessmanagement. Unter: <https://www.unity.de/de/prozessmanagement/>, 10.07.2017
- [Vaß15] VABHOLZ, M.: Systematik zur wirtschaftlichkeitsorientierten Konzipierung Intelligenter Technischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Band 346, Paderborn, 2015

- [VDI08] ZUKÜNFTIGE TECHNOLOGIEN CONSULTING DER VDI TECHNOLOGIEZENTRUM GMBH (HRSG.): Hybride Wertschöpfung – Statusbericht aktueller Fördervorhaben. Düsseldorf, 2008
- [VDI13] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE: Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. 2013
- [VDI2206] VDI-RICHTLINIE 2206: Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 2004
- [VDMA16] VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENABAUER e.V. (VDMA): Maschinenbau in Zahl und Bild 2016. VDMA Verlag, Mühlheim am Main, 2016
- [VL04] VARGO, S. L.; LUSCH, R. F.: Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. Journal of Marketing, 1, 2004, S. 1–17
- [VLR14] VOGEL-HEUSER, B.; LINDEMANN, U.; REINHART, G. (Hrsg.): Innovationsprozesse zyklusorientiert managen – Verzahnte Entwicklung von Produkt-Service Systemen. Aufl. 2014, Springer Berlin, Berlin, 2014
- [War90] WARNECKE, H.-J.: Einführung in die Fertigungstechnik. B. G. Teubner, Stuttgart, 1990
- [WC07] WANNENWETSCH, H.; COMPERL, P.: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik – Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion. 3., aktualisierte Auflage, Springer, Berlin, 2007
- [Wes17] WESTERMANN, T.: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 375, Paderborn, 2017
- [Wet10] WETZEL, H.: Methodischer und Tool-gestützter Ansatz für die Transformation von Organisations- und Geschäftsmodellen. In: Ganz, W.; Bienzeisler, B. (Hrsg.): Management hybrider Wertschöpfung, 2010
- [Wil99] WILDEMANN, H.: Entwicklungsnetzwerke als strategischer Erfolgsfaktor. In: Wagner, G.R. (Hrsg.): Unternehmungsführung, ethik und umwelt. Springer, Wiesbaden, 1999
- [Win11] WINTER, R.: Business Engineering Navigator. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011
- [WJM+04] WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; MEYER, H.-P.; BÜHLER, M.: Lean thinking – Ballast abwerfen, Unternehmensgewinne steigern. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 2004
- [Woh03] WOHINZ, J. W.: Industrielles Management – Das Grazer Modell. 1. Aufl., NWV, Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien, 2003
- [WWB15] WISCHMANN, S.; WANGLER, L.; BOTTHOF, A.: Autonomik Industrie 4.0, Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland – Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0. Berlin, 2015
- [Zäh04] ZÄH, M.: Rapid manufacturing – Vom Prototyp zur Produktion; Erwartungen, Erfahrungen, Entwicklungen. Utz, Wiss, 73, München, 2004
- [Zan70] ZANGEMEISTER, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Winnenmark, 1970
- [Zar07] ZARNEKOW, R.: Produktionsmanagement von IT-Dienstleistungen – Grundlagen, Aufgaben und Prozesse. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2007

Anhang

Inhaltsverzeichnis	Seite
A1 Ergänzungen zur Problemanalyse.....	A-1
A2 Ergänzungen zur Systematik zur Adaption der Wertschöpfung	A-2
A2.1 Geschäftsmodellrahmen nach GEMINI	A-2
A2.2 Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Wertschöpfung....	A-4
A2.3 Ausprägungen von Transformationstreibern	A-8
A2.4 Methoden zur Analyse der Wertschöpfung.....	A-13
A2.5 Referenzlösungen für die Gestaltung	A-14
A2.6 Plattformfunktionen für die Gestaltung der Wertschöpfung	A-23

A1 Ergänzungen zur Problemanalyse

Wertschöpfung in der Industriegesellschaft		Wertschöpfung in der Informationsgesellschaft	
Wettbewerbsfaktoren		Wettbewerbsfaktoren	
<ul style="list-style-type: none"> • Kostenführerschaft (Arbeitskosten) • Effizienzsteigerung, Rationalisierung • Massenmarkt ohne direkte Verbindung zum Verbraucher • Differenzierung durch hohe Qualität • Streben nach hohem Marktanteil innerhalb bestehender Segmente 		<ul style="list-style-type: none"> • Große Losgrößen • Economies of Scale • Sequentielle Produkt- u. Prozessentwicklung • Entkopplung von Produktion und Absatz • Variantenvielfalt durch hohe Zahl kundenspezifischer Produkte • Spezialisierte automatisierte Maschinen • Vertikale Integration • Ausgliederung dispositiver Tätigkeiten 	
Fertigung		Fertigung	
<ul style="list-style-type: none"> • Kleine Losgrößen • Economies of Scope • Simultane Produkt- und Prozessentwicklung • Auftragsfertigung nach Kundenwunsch • Modulare Produktarchitektur • Flexible Maschinen • Autonome Fertigungssysteme • Kurzfristige Zusammenarbeit mit Zulieferern und Abnehmern in Netzwerken • Integration vor- und nachgelagerter Aufgaben (teilautonome Gruppen) 		<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der Koordinations- und Transaktionskosten • Flexibilität • Entwerfen neuer Prozesse, Produkte, etc. • Enge Beziehung zum Verbraucher • Hybride Wettbewerbsstrategien • Rationalisierung und Optimierung entlang gesamter Wertschöpfungskette • Schaffung neuer Märkte 	
Organisation		Organisation	
<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnis- und kostenorientierte Denkhaltung • Weitgehende Arbeitszerlegung • Trennung dispositiver u. ausführender Arbeit • Hierarchie (Machtzentrierung, Weisungsbefugnisse, Kontrolle durch Mgmt) • Funktionale Trennung von Wirtschaftseinheiten 		<ul style="list-style-type: none"> • Prozess- und nutzerorientierte Denkhaltung • Horizontale Aufgabenintegration • Vertikale Aufgabenintegration • „Flache“ Strukturen, Netze • Aufgaben- und projektbezogene Abgrenzungen, Selbstkontrolle, Vertrauen, Delegation • Prozessorientierte Integration der Verrichtung, Teamarbeit 	
Arbeiter und Arbeitsaufgabe		Arbeiter und Arbeitsaufgabe	
<ul style="list-style-type: none"> • Vollzeitliche Arbeit in Büro oder Fabrik • Motivation durch Sicherheit des Arbeitsplatzes • Einmalige Ausbildung • Einstellung und Beförderung aufgrund fachlicher Qualifikation • Transformation von materiellen Objekten • Spezialisierung, begrenztes Aufgabengebiet, Routineaufgaben • Arbeit durch Maschinen determiniert • Mangelnde Informiertheit 		<ul style="list-style-type: none"> • Flexible Arbeitszeiten und Orte • Motivation durch Entfaltung der Fähigkeiten durch Persönlichkeit • Lebenslanges Lernen • Wachsende Bedeutung der Softskills • Problemlösung als Arbeitsaufgabe • Ganzheitliche Sachbearbeitung, mehrere Rollen • Maschinen als WZ, Mensch bestimmt Abläufe • Besserer Zugang zu Informationen 	

Bild A-1: Vergleich der Wertschöpfung in der Industriegesellschaft und der Informationsgesellschaft

A2 Ergänzungen zur Systematik zur Adaption der Wertschöpfung

A2.1 Geschäftsmodellrahmen nach GEMINI

Für die vereinfachte Beschreibung der Geschäftstätigkeit wird i.d.R. ein kompakter Bezugsrahmen benutzt, der sog. Geschäftsmodellrahmen (siehe [Kös14], [OP13]). Dieser fasst die Elemente zur Gestaltung eines Geschäftsmodells zusammen und reduziert die Komplexität auf die wesentlichen Aspekte. Im Zuge des Verbundprojektes GEMINI wurde der Bezugsrahmen nach KÖSTER [Kös14] genutzt und um Anreize für mögliche Kooperationspartner sowie um ein Risikomodell erweitert [GWE+17, S.25f.] (Bild A-2). Der entstandene Rahmen gliedert sich in 14 Geschäftsmodellelemente (z. B. Nutzenversprechen) sowie in sechs Partialmodelle (z. B. Angebotsmodell). Er bildet die Grundlage des Geschäftsmodellverständnisses, welches dieser Arbeit zu Grunde liegt und im Folgenden erläutert wird.

Das **Angebotsmodell** definiert, für welche Kunden Werte geschaffen werden. Dabei beschreibt das Element *Kundensegmente* die vom Unternehmen anvisierten Kundensegmente. Das *Nutzenversprechen* hebt die Vorteile einer Marktleistung für die betrachteten Kundensegmente hervor. Im dem Element *Marktleistung* wird die Geschäftsidee in tragfähige Produkte und Dienstleistungen überführt. Das **Kundenmodell** bildet die Schnittstelle zwischen unterschiedlichen Kunden und dem betrachteten Unternehmen. Das Element *Marketingkanäle* beschreibt dabei den Weg, über den das Unternehmen mit den Kunden in Kontakt tritt und die Marktleistung erbringt. Die Art und Intensität der Beziehung wird im Element *Kundenbeziehungen* beschrieben. Im **Wertschöpfungsmodell** wird die unternehmensinterne Perspektive des Geschäftsmodells abgebildet. So beschreiben die *Schlüsselaktivitäten* die primären Tätigkeiten, die zur Realisierung des Nutzenversprechens durchzuführen sind. Dafür benötigte Vermögenswerte werden im Element *Schlüsselressourcen* dokumentiert. Die *Wertschöpfungsstruktur* legt die Position des Unternehmens und die vom Unternehmen abzubildenden Aktivitäten und Ressourcen in der Wertschöpfungskette fest. Darauf aufbauend wird im Element *Schlüsselpartner* das Netzwerk an Unternehmen beschrieben, welches zur Erbringung des Nutzenversprechens benötigt wird. Das **Finanzmodell** bildet die wesentlichen Kosten und Erlöse des jeweiligen Geschäftsmodells ab. Dabei umfasst die *Kostenstruktur* die wichtigsten Kostentreiber, die durch das Geschäftsmodell anfallen. Im *Erlös-konzept* wird aufgezeigt, wie das Nutzenversprechen in einen Erlösstrom umgewandelt wird. Das **Anreizmodell** zeigt nicht monetäre Vorteile für die wesentlichen Stakeholder des Geschäftsmodells auf. *Vorteile für den Betreiber* werden im gleichnamigen Element dargestellt. Im Element *Anreize für den Partner* wird das durch die Teilnahme am Geschäftsmodell realisierte Nutzenversprechen für die Schlüsselpartner bestimmt. Im **Risikomodell** werden anschließend wesentliche Risiken erfasst, die beim Aufbau oder im laufenden Betrieb des Geschäftsmodells zu berücksichtigen sind (siehe [GWE+17, S.26]).



Bild A-2 Geschäftsmodellrahmen in Anlehnung an [GWE+17, S.27]



Bild A-3: Ausschnitt des initialen Geschäftsmodellrahmens

A2.2 Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Wertschöpfung

		Netzwerkvariable	Ausprägung (Beispiele)
Organisationseinheit	Wertschöpfungspartner	Kernkompetenz der Partner Beschreibt die Fähigkeiten und materiellen und immateriellen Ressourcen des Partners	Lieferant (Ressourcen-, Komponenten-, Wissens- oder Verbrauchsmittel), Dienstleister, Logistiker, Cowdworker (siehe [Kös12, S. A-35])
		Art der Beziehung Spezifiziert die Interaktionsbeziehungen mit dem Partner	Informationsfluss, Geldfluss, Leistungsfluss [GEW+17, S.69], [Sch18, S. 115]
		Intensität der WS-Partnerkooperation Beschreibt die Häufigkeit der Interaktionsbeziehung mit dem Partner	Regelmäßig, nach Bedarf, etc.
		Flexibilität der Kooperation Beschreibt die Möglichkeit der Anpassung der Beziehung	Dynamisch (ad hoc Vernetzung), starre Verträge, zeitlich begrenzte Verträge, einmale Partnerschaften (CMM17+, S.9f.)
		Richtung der Kooperation Beschreibt die Ebene der Kooperation	horizontal, vertikal, Diagonal (siehe [Hag04, S.11], [Jan10, S.11ff.])
		Weitere: Umfang des Netzwerkes, Koordinationsrichtung, Verträge, etc.	
	Unternehmen	Wertschöpfungsrolle Beschreibt die Position des Unternehmens im bestehenden Wertschöpfungsnetzwerk	Orchestrator, Layer Player, Market Maker, Integrator (siehe [BBB+12, S. 103 f.], [Kne03, S. 41])
		Weitere: Mitgliedschaft in Netzwerken, Art des Unternehmens, etc.	
	IT-Plattform	Nutzungsverhalten Beschreibt die bisherige Nutzung von IT-Plattformen	Nutzung externer Plattformen wie Axoom oder Azure
		Weitere: Art der Beteiligung, Zugang, Verträge, etc.	
	Kunden	Vertriebskanäle Beschreibt die Art wie die Marktleistung den Kunden erreicht	Direkte Kundenbetreuung, indirekte Kundenbetreuung über Händler (siehe [OP10, S. 44ff.], [Kös12, S. A-27])
		Beziehungstyp Beschreibt die Art wie mit dem Kunden interagiert wird	Direktional (reine Lieferung), Bidirektional (Feedback)
		Kunden Interaktionszyklus Beschreibt die Häufigkeit des Kundenkontaktes	starr (Bspw. feste Lieferintervalle), dynamisch (Bspw. Onlineshop)
		Weitere: Art des Kunden, Kundensegmente, etc.	

Bild A-4: Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Netzwerk-Dimension

		Prozessvariable	Ausprägung (Beispiele)
Prozess	Eingangslogistik	Beschaffung Umfasst Prozesse zum Beschaffen und Entgegennehmen von Leistungen	Ware anmelden, Ware einbuchen, Ware kommissionieren, etc.
		Qualitätskontrolle Prozesse, die der Überprüfung und Sicherstellung der Qualität der gelieferten Ware dienen	Ware zum Prüfplatz bringen, Waren- und Identprüfung, Einzelprüfung, Stichprobenprüfung, Chargenprüfung, Freigabe, etc.
		Lieferantenverknüpfungen Prozesse zur Interaktion mit Lieferanten	Lieferungen erfassen, Eingansmeldung, Schadensmeldung, Rückgabe an Lieferanten, etc.
	Operation	Transport Materialfluss- und Logistikprozesse in der Fertigung	Material aus Lager holen, Transporthilfsmittel bereitstellen, Ware einlagern, Ware bereitstellen, Transportprozesse, etc.
		Produktion Prozesse zur Erstellung von Produkten für die Montage oder den Kunden	Maschine bedienen, Trennen, Fixieren, Umformen, Urformen, Fügen, etc.
		Montage Prozesse zum Zusammenbau von Teilen und/oder Baugruppen	Teile verkleben, Teile fixieren, Teile verschrauben, etc.
		Prüfung Prozesse für die Prüfung und Kontrolle von Teilen und Baugruppen	Sichtprüfung durchführen, Taktile Prüfung vorbereiten, Teile vermessen, etc.
		Steuerung Koordinationsprozesse zur Organisation von Fertigung, Montage, Transport und Instandhaltung	Produktion planen, Montage auslösen, Instandhaltung organisieren, etc.
		Instandhaltung Prozesse zur Wartung und Optimierung der Betriebsmittel	Lager austauschen, Werkzeug wechseln, etc.
	Marketing/Vertrieb	Vertrieb Prozesse zur Auswahl und Pflege der Vertriebswege	Kunden kontaktieren, Messen besuchen, etc.
		Anreizsysteme Prozesse zur Verkaufsförderung	individuelle Angebote gestalten, Events organisieren, Schulungen, etc.
		Werbung Prozesse zur Bekanntmachung der Marktleistung	Produktdesign, Broschüren erstellen, etc.

Bild A-5: Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Prozess-Dimension (Teil 1)

		Prozessvariable	Ausprägung (Beispiele)
Prozess	Service	Technischer Kundendienst Prozesse zur Auswahl und Pflege der Vertriebswege	Garantiefall aufnehmen, Reparatur durchführen, Service planen
		Installation Prozesse zur Bereitstellung der Marktleistung beim Kunden	Inbetriebnahme durchführen, Software installieren, Komponenten aufbauen
		Pre Sales Prozesse, die dem Kunden vor dem Verkauf angeboten werden	Technische Beratung durchführen, Prototyp bereitstellen
		Produktanpassung Prozesse, die die Marktleistung nach dem Verkauf in der Nutzungsphase betreffen	Wartungsintervalle planen, Prädiktive Wartung durchführen
	Ausgangslogistik	Logistik Prozesse zur Lagerung und Auslieferung der Marktleistung	Marktleistung kommissionieren, Spedition kontaktieren, etc.
		Auftragsabwicklung Planung und Terminierung der Lieferung sowie Annahme von Retouren	Kunden informieren, Rechnung stellen, Retour annehmen, etc.

Bild A-6: Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Prozess-Dimension (Teil 2)

		Organisatorische Variable	Ausprägung (Beispiele)
Organisatorisches Objekt	IT	IT-Struktur Beschreibt den organisatorischen Aufbau der IT	Abteilungs- bzw. Bereichsstruktur, Aufgaben, Verantwortung, etc.
		Verfügbare Systeme Beschreibt die spezifische Ausstattung	Verfügbare Software, Verfügbare Hardware, etc.
		Weitere: Ressourcen, etc.	
	Personal	Mitarbeiterkompetenzen Beschreiben die Fähigkeiten, die in einem Unternehmen vorhanden sind	Data Mining, ERP-Kenntnisse, CAD-Konstruieren, etc.
		Weiterbildung Bestehende Angebote im Unternehmen, um Kompetenzen zu erhalten	Kooperationen mit Akademien, interne Schulungen, etc.
		Arbeitszeitmodelle Möglichkeiten der Arbeitszeitgestaltung	Flexible Arbeitszeiten, starre Arbeitszeiten, personal availability calendar, etc.
		Weitere: Ausbildung, Anreizsysteme, etc.	
	Forschung & Entwicklung	Budget Verfügbare monetäre Mittel zur Finanzierung der F&E Aktivitäten	Gering, mittel, viel
		Schwerpunkte Forschungstechnische Fokussierung auf bestimmte Bereiche	Systems Engineering, Prozessinnovationen, Plattformökonomie, etc.
		Beteiligung an Netzwerken Beschreibt die Beteiligung an Forschungs- und Entwicklungsnetzwerken	it's OWL, VDMA, VDI, etc.
		Wissensmanagement Beschreibt die strategischen und operativen Maßnahmen des Umgangs mit Wissen	Papierbasiert, Digitale Lösungen, hauptsächlich implizites Wissen, etc.
		Weitere: Know-How-Aufbau, bestehende Problemlösungen, etc.	
	Beschaffung	Lieferantenbeziehungen Beschreibt die formalen Grundlagen der Lieferantenbeziehungen, wie Vertragslaufzeiten	Lange Lieferverträge, kurzfristiges Bestellen über Plattformen, etc.
		Lagerhaltung Definition der Art der Lagerhaltung	Just in time, Just in Sequence, Vorratslagerung, etc.
		Anzahl an Lieferanten Informationen über die Anzahl an Lieferanten	Single-Sourcing, Multi-Sourcing
		Ausrichtung Beschreibt Konzepte der Lieferantenauswahl	Local-Sourcing, Global-Sourcing
		Weitere: Materialauswahl, Beschaffungsverbünde, etc.	

Bild A-7: Variablen und Ausprägungen zur Spezifikation der Organisatorischen-Dimension

A2.3 Ausprägungen von Transformationstreibern

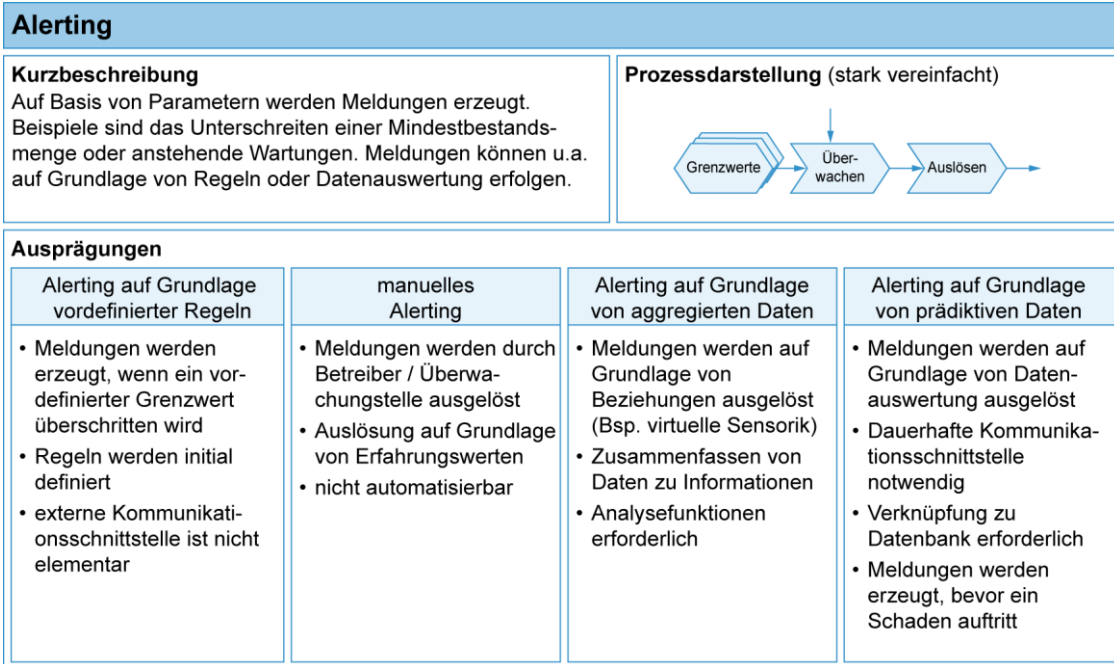


Bild A-8: Ausprägungen des Transformationstreibers „Alerting“

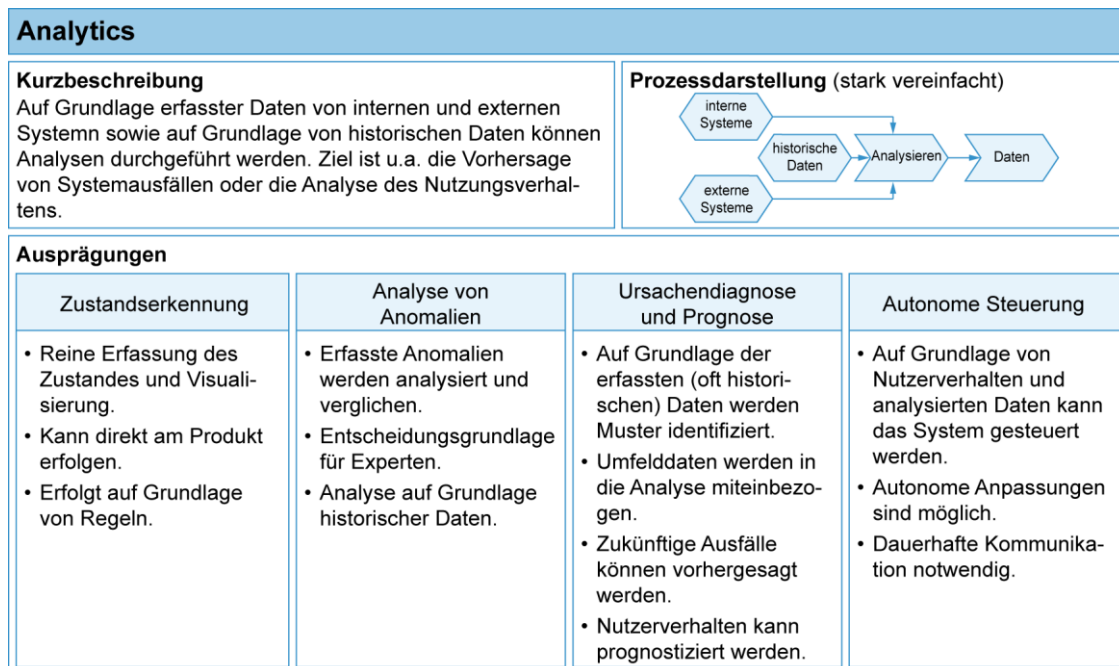


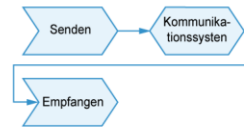
Bild A-9: Ausprägungen des Transformationstreibers „Analytics“

Communication

Kurzbeschreibung

Es bestehen Kommunikationsbeziehungen zwischen dem Produkt / dem Kunden und dem Betreiber des Smart Services. Die Kommunikation kann über unterschiedliche Kanäle erfolgen.

Prozessdarstellung (stark vereinfacht)



Ausprägungen

Unidirektional zum Betreiber	Unidirektional zum System / Kunden	Bidirektional	Bidirektional M2M
<ul style="list-style-type: none"> Informationen und Daten werden in Richtung des Betreibers übermittelt (Bspw. Betriebsdaten). Es steht kein Rückkanal zur Bestätigung zur Verfügung. Informationen und Daten können an beliebig viele Empfänger gesendet werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Informationen und Daten werden in Richtung des Systems / des Kunden gesendet (Bspw. Updates). Es steht kein Rückkanal zur Bestätigung zur Verfügung. 	<ul style="list-style-type: none"> Informationen und Daten können beliebig in beide Richtungen ausgetauscht werden. Austausch kann gleichzeitig stattfinden. 	<ul style="list-style-type: none"> Sonderform der Bidirektionalen Kommunikation. Automatischer Austausch zwischen automatisierten Systemen. Austauschbeziehung in Echtzeit möglich.

Bild A-10: Ausprägungen des Transformationstreibers „Communication“

Optimization

Kurzbeschreibung

Auf Basis erfasster (und analysierter) Daten können Systeme optimiert werden. Die Optimierung beruht auf der Zusammenarbeit mit den Systemnutzern. Die Erfahrungen der Gesamtheit werden genutzt.

Prozessdarstellung (stark vereinfacht)



Ausprägungen

Handlungsempfehlungen zur Benutzung	physische Upgrades	Updates	optimierte Situations-spezifische Konfiguration
<ul style="list-style-type: none"> Es werden dem Benutzer Handlungsempfehlungen zur optimalen Benutzung des System zur Verfügung gestellt. Eine Kommunikationsverbindung zum Produkt ist nicht erforderlich. Benutzer muss die Handlungsempfehlungen manuell umsetzen. 	<ul style="list-style-type: none"> Upgrades werden auf Grundlage der Analyse von Nutzererfahrungen und des Systemverhalten erstellt. Installation durch physischen Kundendienst. Eine Kommunikationsverbindung zum Produkt ist nicht erforderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Updates werden auf Grundlage der Analyse von Nutzererfahrungen und des Systemverhalten erstellt. Installation über Kommunikationsschnittstellen möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> Optimierung des individuellen Systemverhaltens durch Analyse von Kundendaten. Dauerhafte Kommunikationsschnittstelle notwendig. Kontinuierliche Anpassungen möglich.

Bild A-11: Ausprägungen des Transformationstreibers „Optimization“

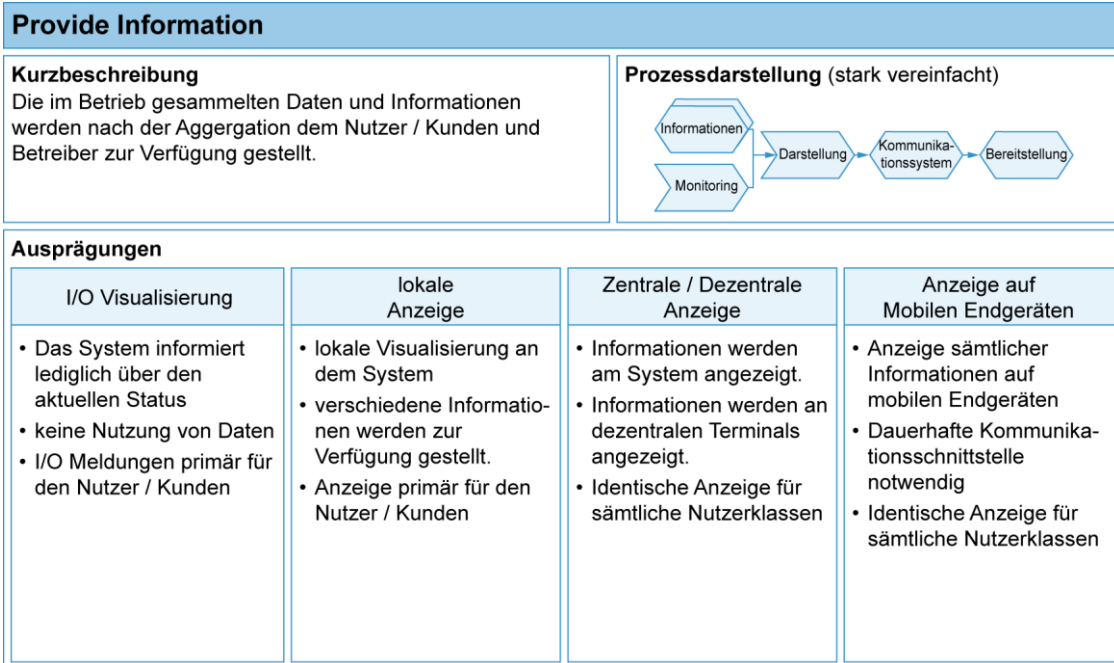


Bild A-12: Ausprägungen des Transformationstreibers „Provide Information“

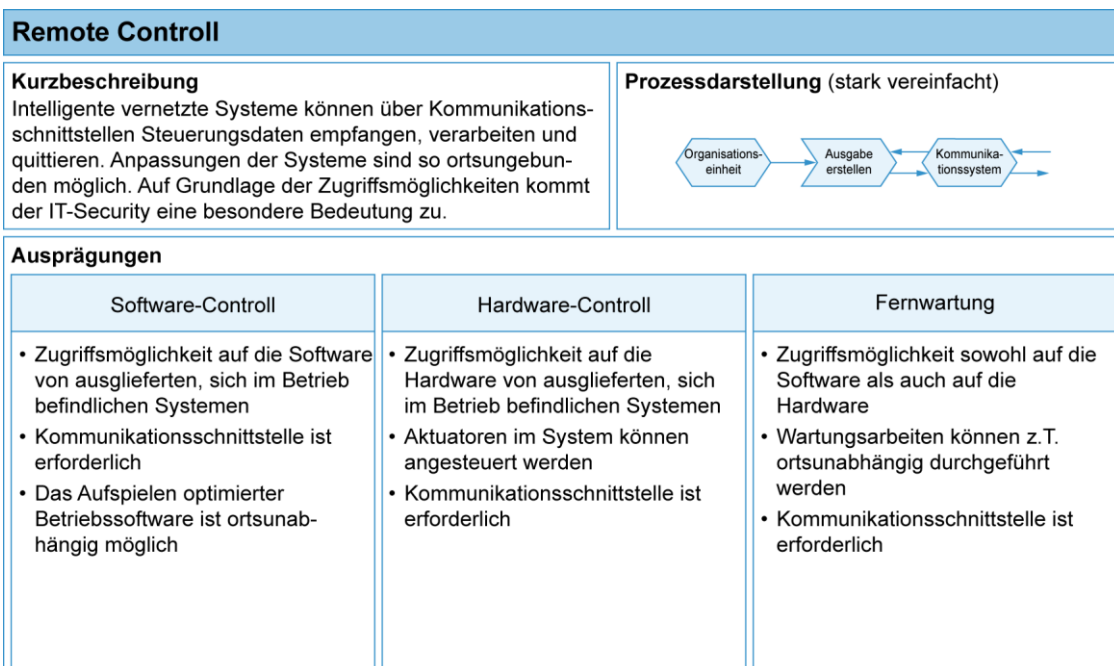


Bild A-13: Ausprägungen des Transformationstreibers „Remote Control“

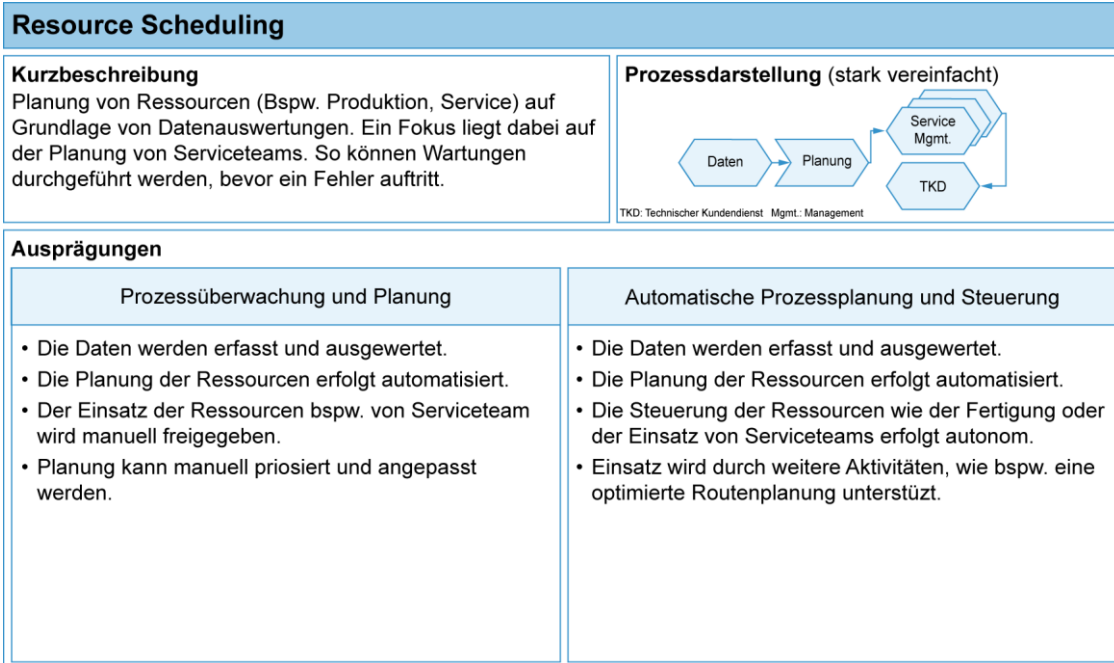


Bild A-14: Ausprägungen des Transformationstreibers „Resource Scheduling“

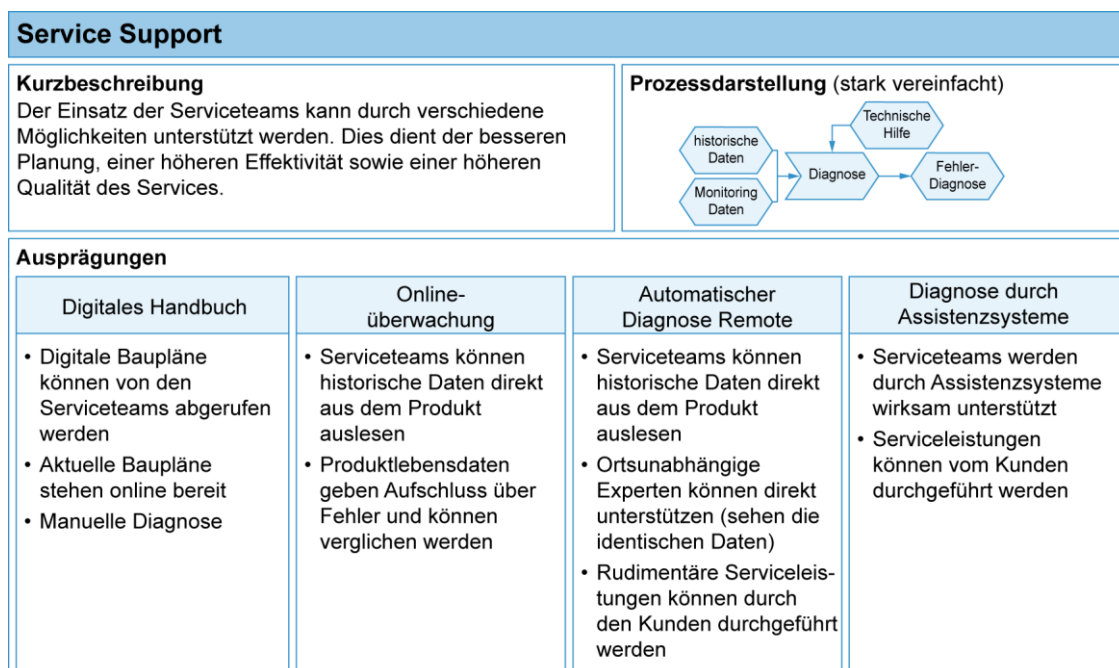


Bild A-15: Ausprägungen des Transformationstreibers „Service Support“

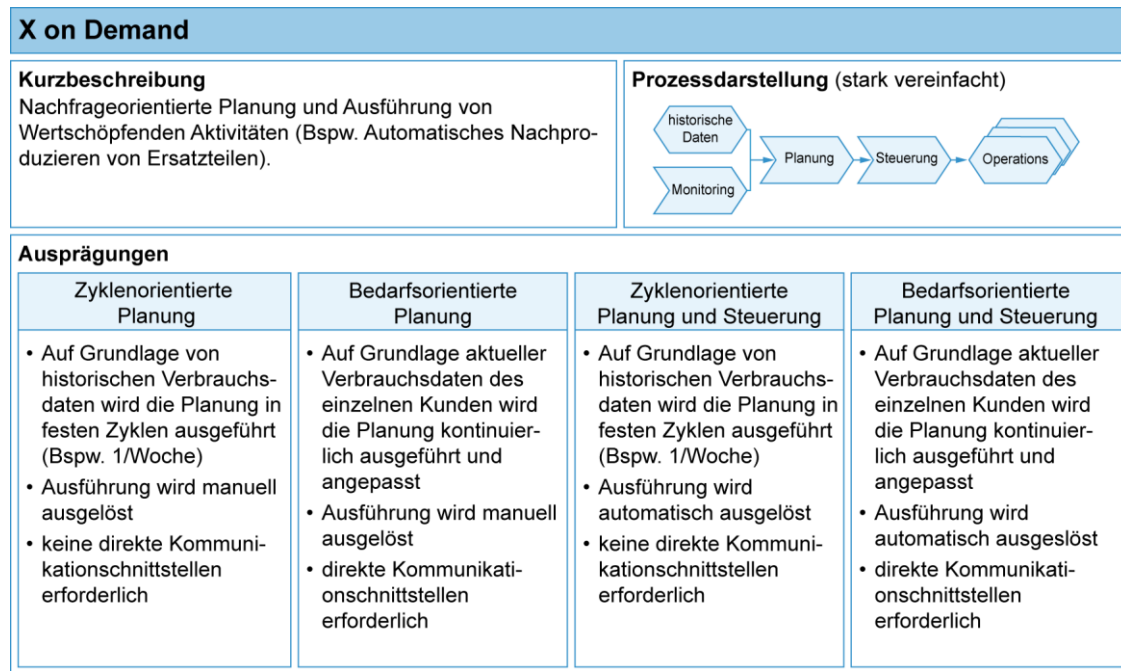


Bild A-16: Ausprägungen des Transformationstreibers „X on Demand“

A2.4 Methoden zur Analyse der Wertschöpfung

		Methoden	Quelle
Wertschöpfungsobjekte	Wertschöpfungs-partner	Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI	[GWE+17]
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
	Unternehmen	Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI	[GWE+17]
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
		Stakeholderanalyse	[Fre84]
		Interviewleitfaden Industrie 4.0 Strategie	[STR09-ol], u.a.
		CONceptual design Specification technique for the ENgerineering of complex Systems (CONSENS)	[GFD+08a] [GFD+08b]
	Produkt	Architektur integrierter Informationssysteme (Aris) (insb. für Datenspeicherung und -Nutzung)	[Sch92] [Dav08]
		Aufnahme von IT-Systemen	[Hül06], u.a.
	IT-Plattform	CONceptual design Specification technique for the ENgerineering of complex Systems (CONSENS)	[GFD+08a] [GFD+08b]
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
	Digitale Wertschöpfungskette	Aufnahme von IT-Systemen	[Hül06]
		BSI Leitfaden IT-Sicherheit	[BSI12]
		Dateninventarisierungsschema	
	Internet-Technologien	Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI	[GWE+17]
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
	Eingangslogistik	Supply-Chain-Operations-Reference Modell (SCOR)	[SCC08]
		Supply-Chain-Operations-Reference Modell (SCOR)	[SCC08]
		CONceptual design Specification technique for the ENgerineering of complex Systems (CONSENS)	[GFD+08a] [GFD+08b]
	Operation	Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
		Wertstromanalyse	[Kle07]
		Lean Check	[FJS07]
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
	Marketing & Vertrieb	Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI	[GWE+17]
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
		Supply-Chain-Operations-Reference Modell (SCOR)	[SCC08]
	Ausgangslogistik	Wertschöpfungsmodellierung nach GEMINI	[GWE+17]
		Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
		Service-Blueprinting	[Sho82]
	Service	Kompetenzaufnahme	
		Aufnahme der Arbeitszeitmodelle	
	Personal	Aufnahme von IT-Systemen	[Hül06], u.a.
		BSI Leitfaden IT-Sicherheit	[BSI12]
		MES Rol-Analyzer	[LSN07]
	IT	Fragebogen „Herangehensweise bei Neuentwicklungen“	
		Supply-Chain-Operations-Reference Modell (SCOR)	[SCC08]
	Forschung und Entwicklung	Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)	[GP14] [Uni17-ol]
		Lieferantenaufnahme	
	Beschaffung		

Bild A-17: Beispielhafte Methoden zur Analyse der einzelnen Dimensionen

A2.5 Referenzlösungen für die Gestaltung

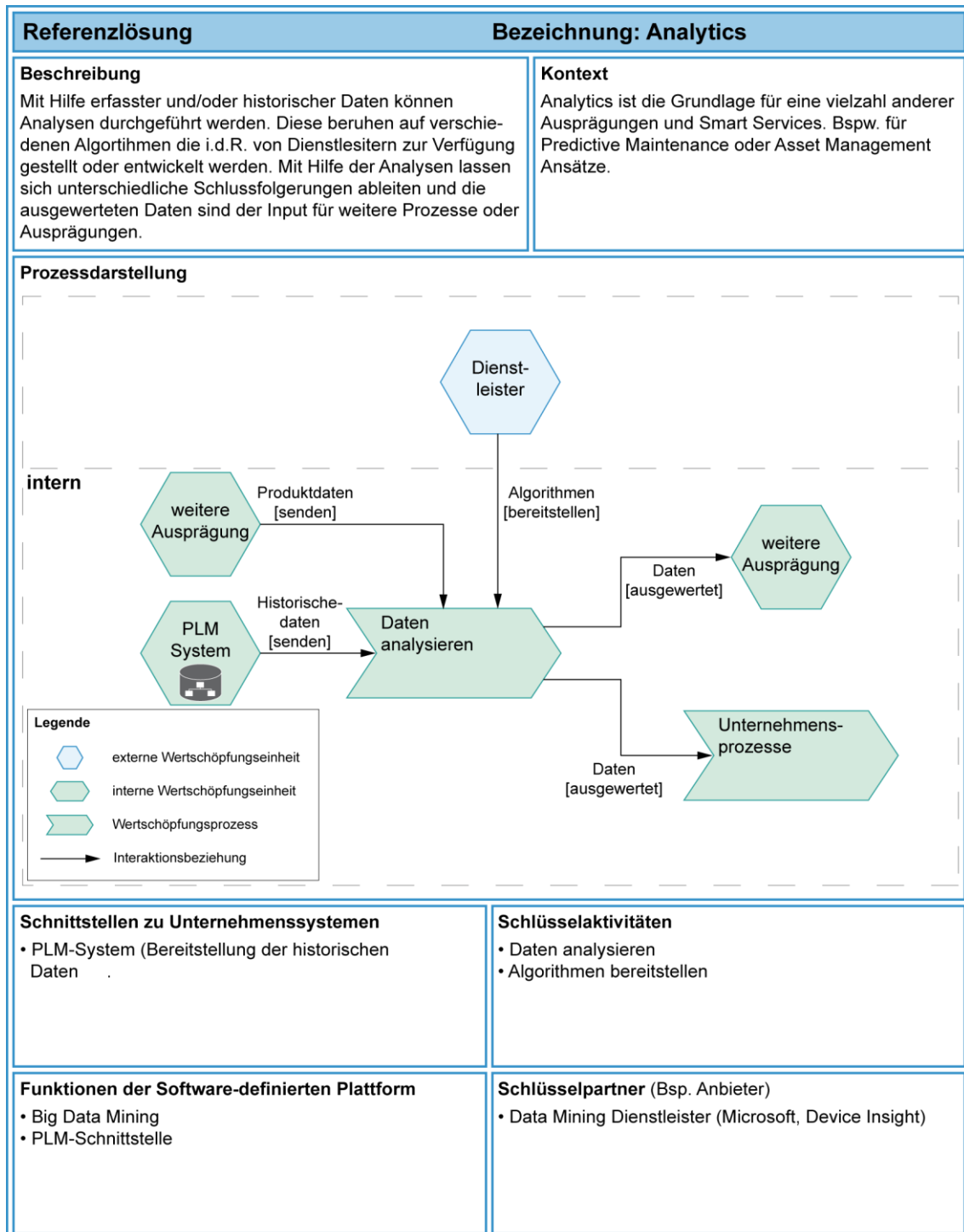


Bild A-18: Steckbrief der Referenzlösung „Analytics“

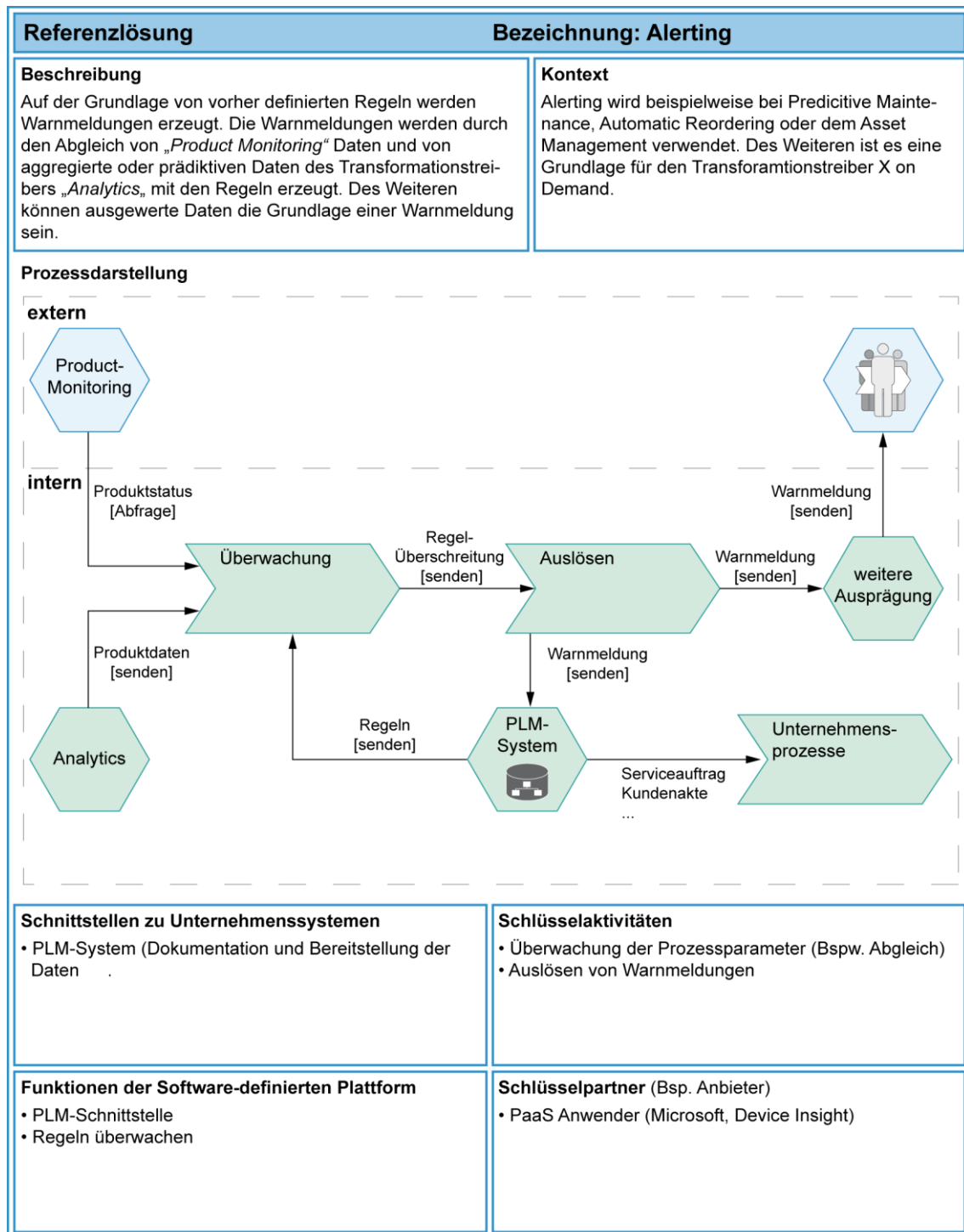


Bild A-19: Steckbrief der Referenzlösung „Alerting“

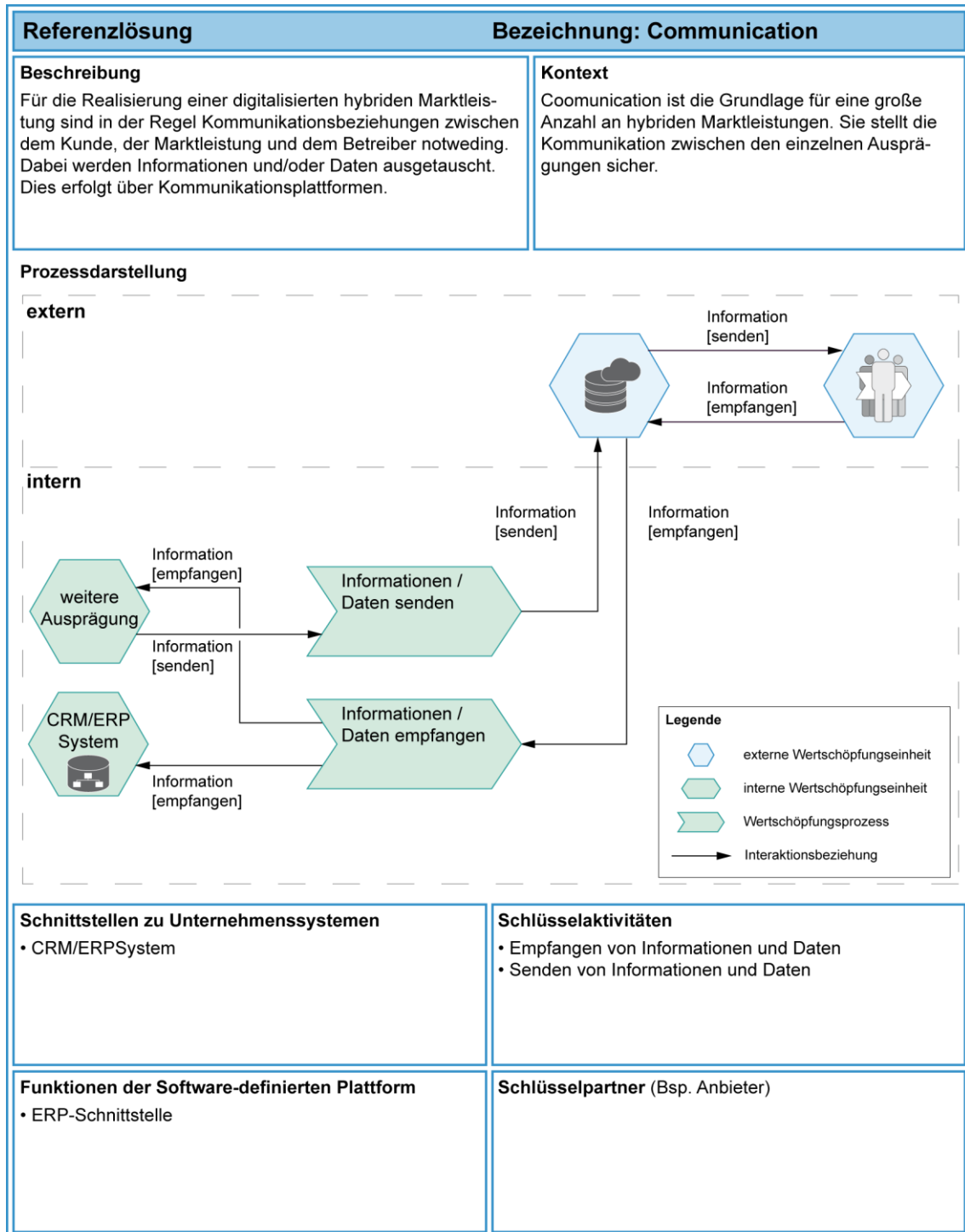


Bild A-20: Steckbrief der Referenzlösung „Communication“

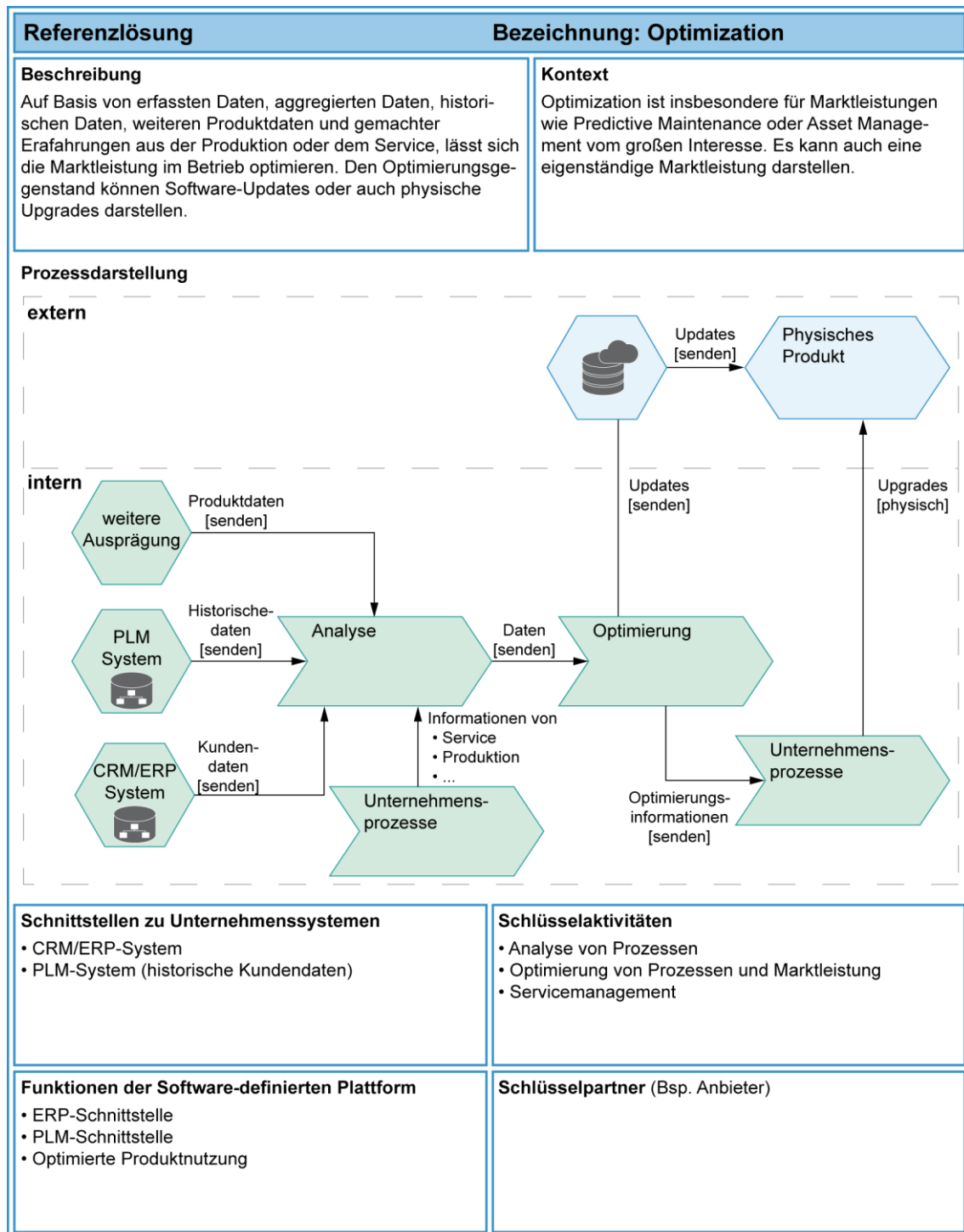


Bild A-21: Steckbrief der Referenzlösung „Optimization“

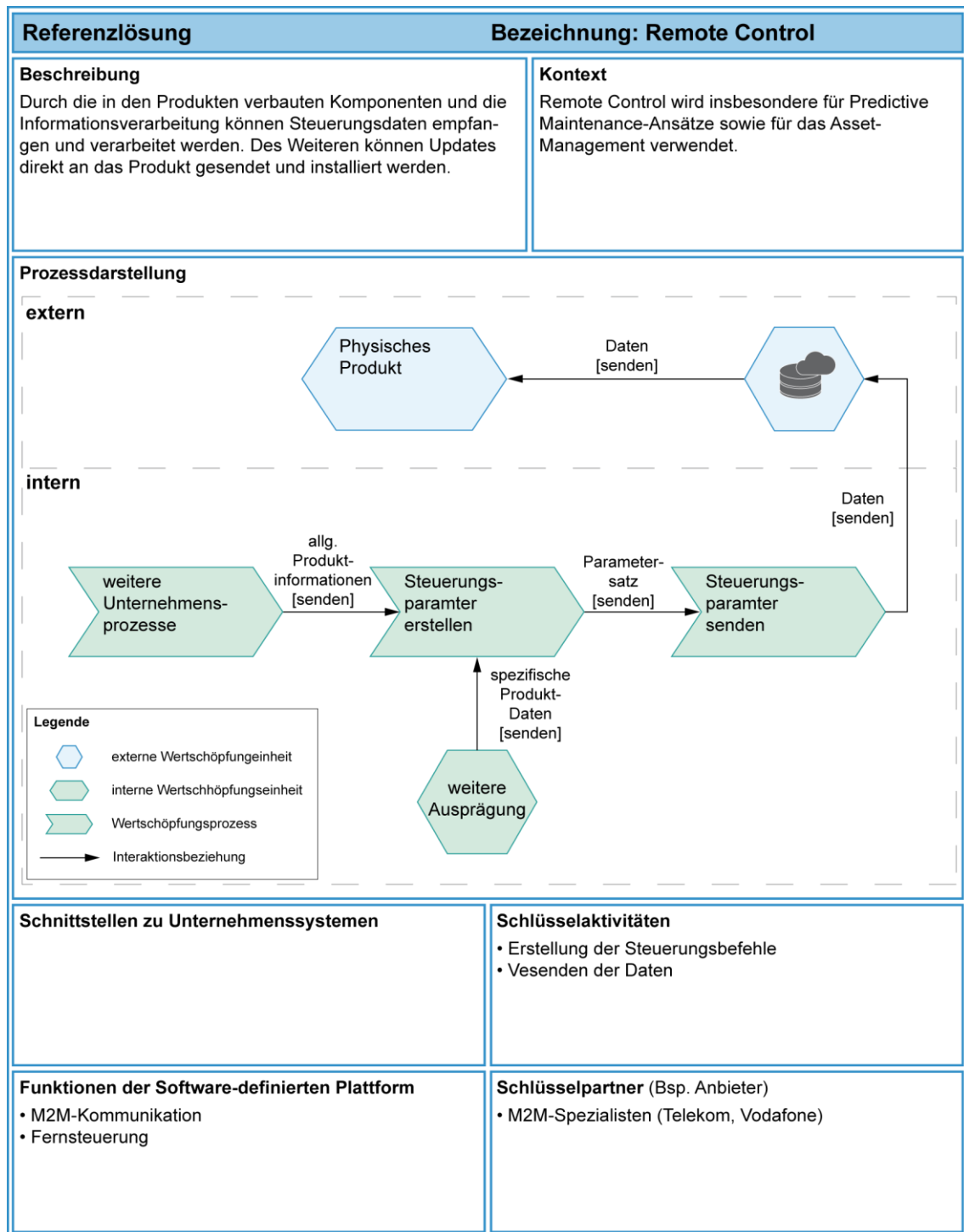


Bild A-22: Steckbrief der Referenzlösung „Remote Control“

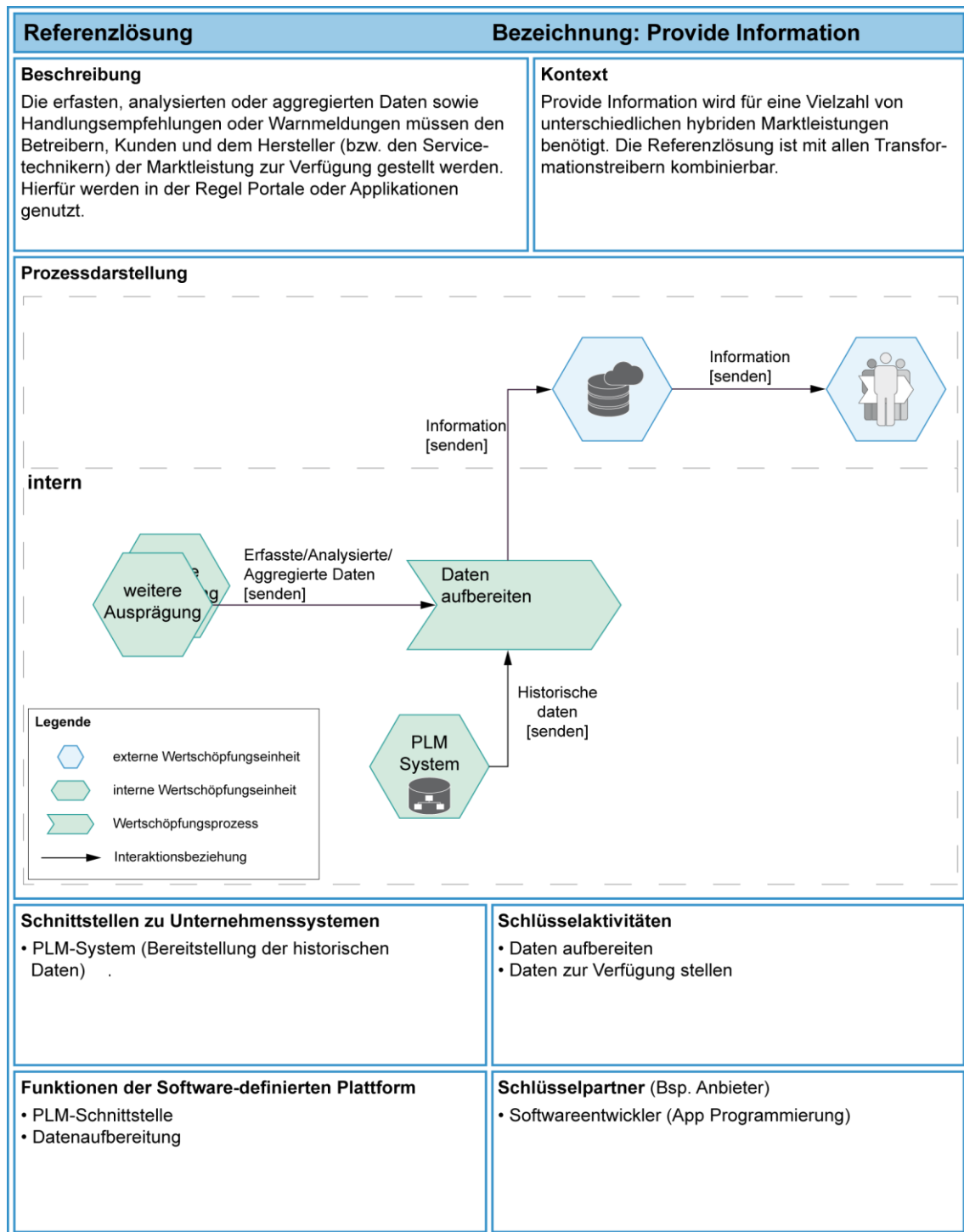


Bild A-23: Steckbrief der Referenzlösung „Provide Information“

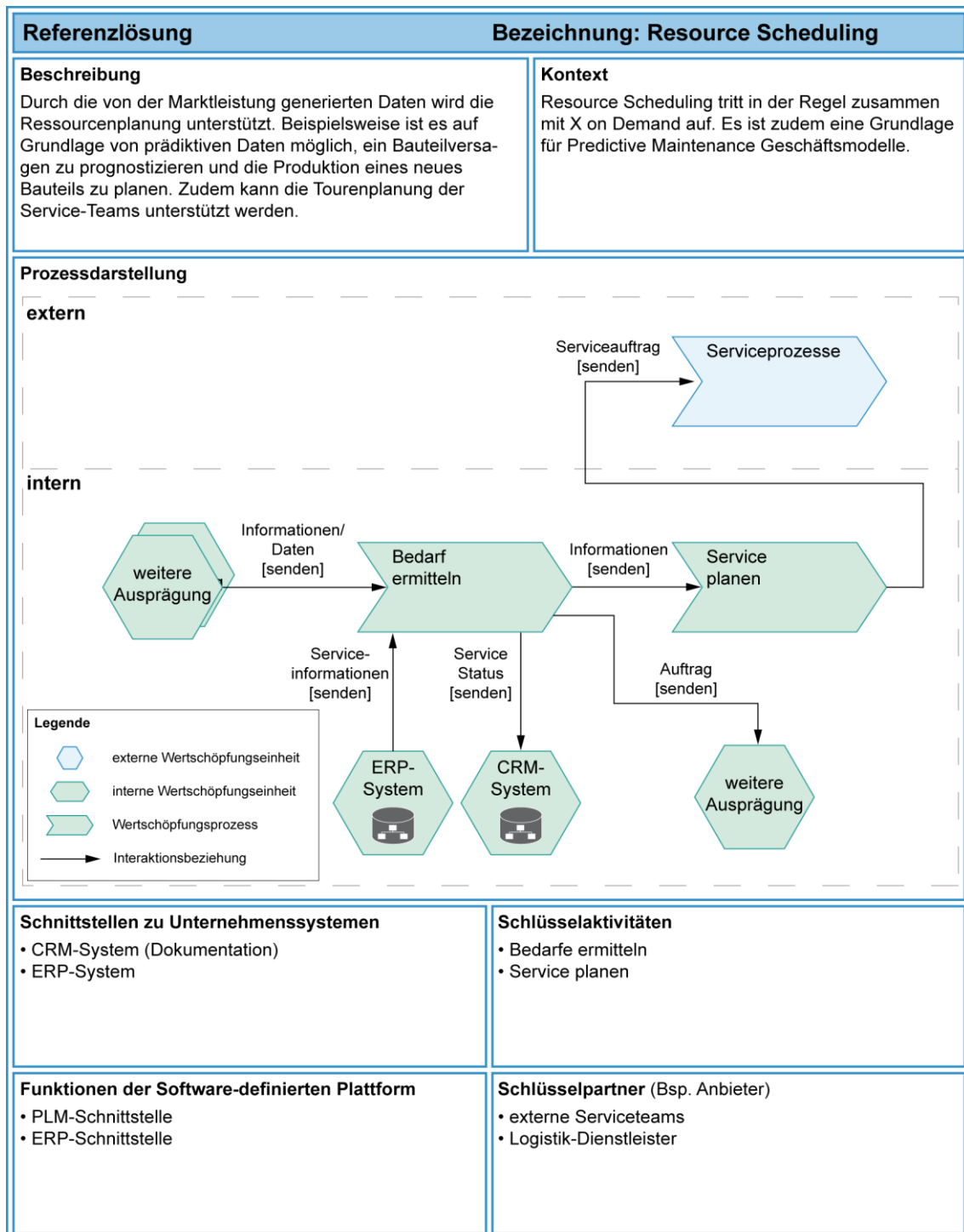


Bild A-24: Steckbrief der Referenzlösung „Ressource Scheduling“

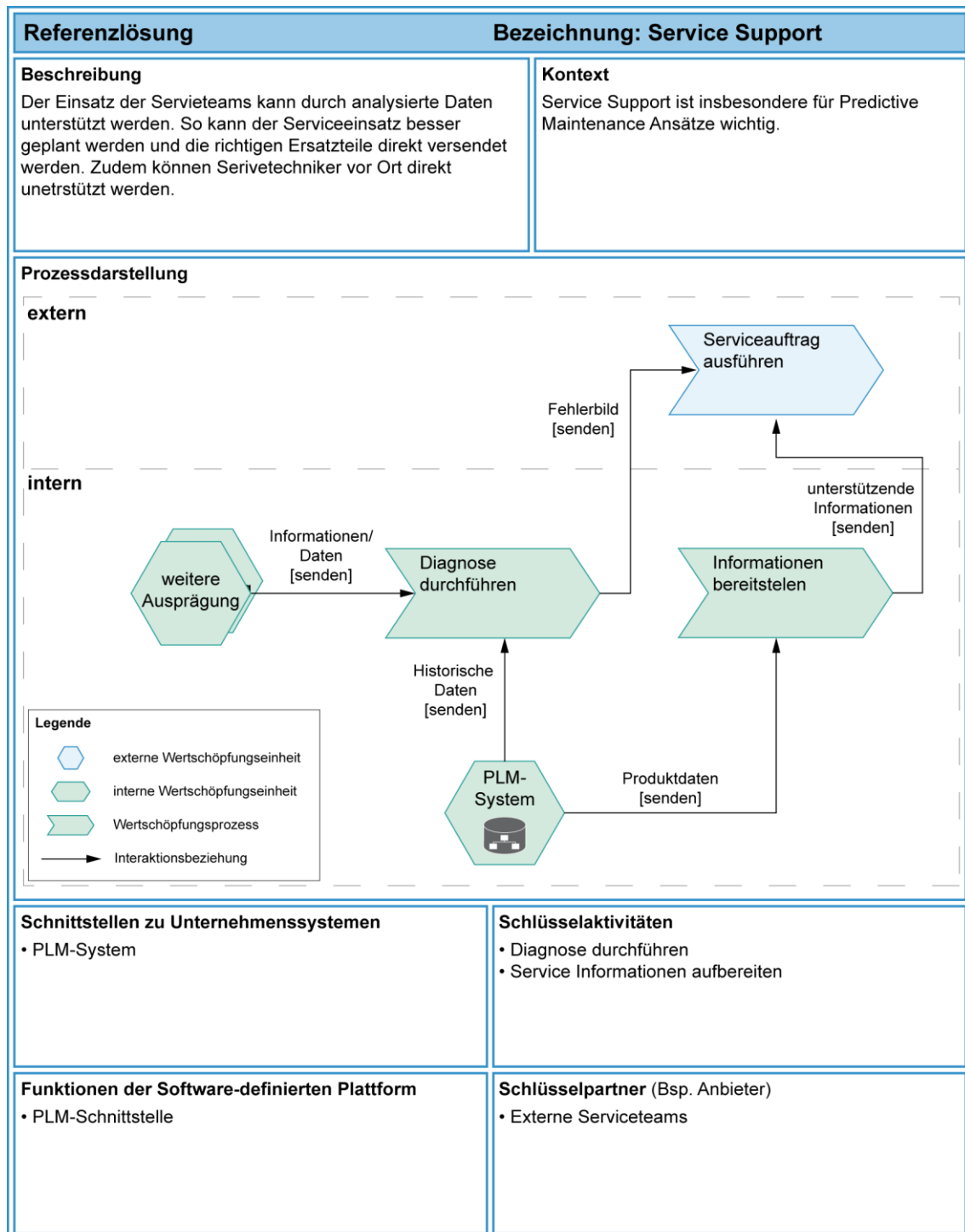


Bild A-25: Steckbrief der Referenzlösung „Service Support“

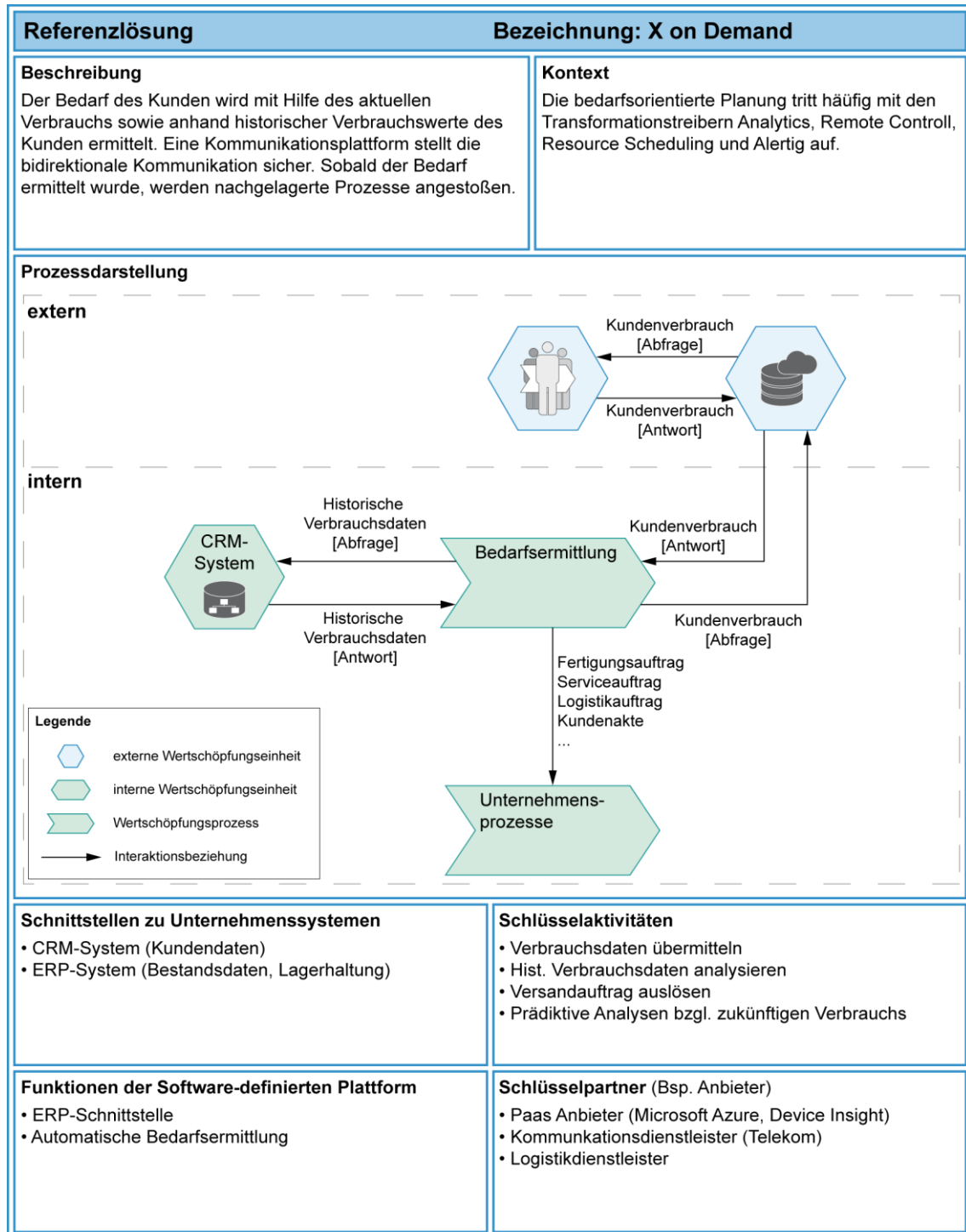


Bild A-26: Steckbrief der Referenzlösung „X on Demand“

A2.6 Plattformfunktionen für die Gestaltung der Wertschöpfung

		Beschreibung
Plattformfunktionen	Automatische Bedarfsermittlung	Auf Basis der generierten und ausgewerteten Daten kann der Ersatzteilbedarf oder der Bedarf an Verbrauchsgütern automatisch ermittelt werden.
	Big Data Mining	Diese Funktion ermöglicht sowohl die Erfassung großer Datenmassen als auch das Aggregieren der generierten Daten. Durch die Aggregation können Beziehungen zwischen den Daten identifiziert werden.
	CRM-Schnittstelle	Über die CRM-Schnittstelle der Software-definierten Plattform werden die Daten des unternehmenseigenen CRM-Systems zur Verfügung gestellt beziehungsweise in dieses übertragen.
	ERP-Schnittstelle	Über die ERP-Schnittstelle der Software-definierten Plattform werden die Daten des unternehmenseigenen ERP-Systems zur Verfügung gestellt beziehungsweise in dieses übertragen.
	PLM-Schnittstelle	Über die PLM-Schnittstelle der Software-definierten Plattform werden die Daten des unternehmenseigenen PLM-Systems zur Verfügung gestellt beziehungsweise in dieses übertragen.
	M2M-Kommunikation	Die M2M-Kommunikation ermöglicht den Datenaustausch zwischen den vernetzten, intelligenten Produkten und der di-gitalen Plattform.
	Datenaufbereitung	Umfasst die visuelle Aufbereitung der Daten, um sie den Betreibern und Herstellern übersichtlich zur Verfügung zu stellen. Dies umfasst auch Schnittstellen zu Web-Services wie Google Maps.
	Datenintegration	Für einige Smart Services werden nicht nur die von den intelligenten Produkten generierten Daten benötigt, sondern auch Daten anderer Hersteller benötigt (z.B. Wetterdaten oder Ver-kehrsdaten). Der Baustein Daten-Integration ermöglicht es, diese Daten auf Ebene der Software-definierten Plattform zu integrieren.
	Fernsteuerung	Übertragen von Steuerungsbefehlen an die intelligenten, ver-netzten Produkte.
	Predictive Analytics	Durch Auswertung der Datenmassen können zukünftige Be-schädigungen oder der Systemstatus eines Produktes vor-hergesagt werden.
	Regeln überwachen	Vordefinierte Regeln werden auf Ebene der Software-defi-nierten Plattform überwacht.
	Sicheres Identitätsmanagement	Umfasst Technologien zur eindeutigen und sicheren Identifizierung der intelligenten Produkte.
	Track & Trace	Positionserfassung und Positionsverfolgung der vernetzten Produkte.

Bild A-27: Übersicht möglicher Plattformfunktionen

Kundensegmente <ul style="list-style-type: none"> • Lohnfertiger • Unternehmen mit überschüssigen Ressourcen • Produzierende Unternehmen 	Marketingkanäle <ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation über Vertriebsinnendienst Messen, Kundenmagazine • Direktvertrieb • über Anbieter von Pre-Processing Software • ... 	Schlüsselaktivitäten <ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Aufträgen • Zugang zur Plattform • ... 	Kostenstruktur <ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten • Entwicklung der Plattform • Potentielle Software • Schulungen • Betriebskosten • Betriebskosten der Cloud • Software-Lizenzen • ... 	Vorteile für den Betreiber <ul style="list-style-type: none"> • Potentielle Erhöhung von Anlagenverkäufen durch vergrößerten Kundstamm • Innovationsführer • Langfristige Erweiterung durch Zusatzdienstleistungen denkbar
Nutzenversprechen <ul style="list-style-type: none"> • Maximale Auslastung der Anlagen • flexible Fertigung • AM-Know-how • ... 	Kundenbeziehungen <ul style="list-style-type: none"> • Persönliche Kundenbetreuung • Erreichbarkeit 24/7 • Technische Bindung • Vertragliche Bindung • Unterstützung bei der Planung 	Wertschöpfungsstruktur <ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung zw. versch. Nutzergruppen 	Erlösconcept <ul style="list-style-type: none"> • Freemium: Einnahmen entstehen aus Beiträgen der Premiumkunden • Mehrverkauf von Anlagen • Mehrverkauf von Materialien 	Anreiz für den Partner <ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzen im Bereich der Plattform ausbauen • Langfristige Zahlungsströme durch Wartung und Betrieb
Marktleistung <ul style="list-style-type: none"> • Basis: Integrierter Zahlungsdienst, Zertifizierung der Auftragnehmer • ... 		Schlüsselressourcen <ul style="list-style-type: none"> • Plattform • Kom. Schnittstelle • ... 		
		Schlüsselpartner <ul style="list-style-type: none"> • Platfordienstleister • evtl. Logistikpartner • ... 		
Risikomodell <ul style="list-style-type: none"> • Preisgabe von Konstruktionsdaten • Abhängigkeit von Schlüsselpartnern • ... 				

Bild A-28: Ausschnitt aus dem Geschäftsmodellrahmen der zukünftigen Marktleistung B2B-Plattform für additive Fertigung

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.