

*Julian Echterfeld*

***Systematik zur Digitalisierung  
von Produktprogrammen***

***Approach for the digitalization  
of product portfolios***

**Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**

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

Band 393 der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

© Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn – Paderborn – 2020

ISSN (Print): 2195-5239

ISSN (Online): 2365-4422

ISBN: 978-3-947647-12-5

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

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

Satz und Gestaltung: Julian Echterfeld

Hersteller: readbox publishing GmbH  
Dortmund

Printed in German

## **Geleitwort**

Das Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn ist ein interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik. Unser generelles Ziel ist die Steigerung der Innovationskraft von Industrieunternehmen im Informationszeitalter. Ein Schwerpunkt des von mir vertretenen Fachgebiets „Strategische Produktplanung und Systems Engineering“ ist die strategische Planung von Produkten, Technologien und Geschäftsmodellen im Kontext der industriellen Produktion.

Die Digitalisierung durchdringt alle Lebensbereiche und führt zu tiefgreifenden Veränderungen der globalen Produktlandschaft – das gilt insbesondere für den Maschinenbau und verwandte Branchen wie die Elektroindustrie und die Automobilindustrie. Gegenwärtig wird in diesen Branchen der Wandel von Mechanik-zentrierten Systemen zur Mechatronik vollzogen. Getrieben durch die Informations- und Kommunikationstechnik zeichnet sich jenseits der Mechatronik ein weiterer Innovationssprung zu Intelligenzen Technischen Systemen und Cyber-Physischen Systemen ab, der völlig neue Möglichkeiten zur Gestaltung der Marktleistungen und des Geschäfts eröffnet. So ergeben sich neben der Digitalisierung der physischen Produkte zusätzliche Innovationspotentiale durch die Erweiterung der Produkte um Dienstleistungen oder durch die Modifikation des mit dem Produkt verbundenen Geschäftsmodells.

Vor diesem Hintergrund hat Herr Echterfeld eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen entwickelt. Die Systematik zeigt auf, wie produzierende Unternehmen ihr bestehendes Produktprogramm in den drei Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell innovieren können. Dazu wird ein Katalog mit Innovationsprinzipien bereitgestellt, der bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten entlang der drei Dimensionen aufzeigt. Die Anwendung der Prinzipien wird durch ein einprägsames Kartenset und eine App für mobile Endgeräte unterstützt. Resultat der Systematik ist eine Digitalisierungs-Roadmap, die die geplante Weiterentwicklung des Produktprogramms im Lichte der Digitalisierung abbildet. Die Systematik wurde in einem anspruchsvollen Industrieprojekt validiert. Die Ergebnisse werden in der vorliegenden Arbeit auszugsweise und anonymisiert dargestellt.

Mit seiner Arbeit hat Herr Echterfeld einen wertvollen Beitrag zur strategischen Produktplanung im Zeitalter der Digitalisierung geleistet. Die Systematik zeichnet sich u. a. durch ihre Praxisrelevanz aus und fügt sich in das Instrumentarium zur strategischen Produktplanung des Heinz Nixdorf Instituts ein.

Paderborn, im Dezember 2019

*Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier*



# **Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen**

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

genehmigte  
DISSERTATION

von  
Julian Echterfeld  
aus Paderborn

Tag des Kolloquiums:  
Referent:  
Korreferent:

18. Dezember 2019  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier  
Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann



## **Vorwort**

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe Strategische Produktplanung und Systems Engineering am Heinz Nixdorf Institut (HNI) der Universität Paderborn. Sie ist das Ergebnis meiner wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, der mich stets forderte und förderte. Die mir übertragene Verantwortung als Teamleiter und die Möglichkeit, verschiedene Projekte selbstständig ausgestalten und bearbeiten zu können, waren außergewöhnlich. Ich bewundere seine Hingabe und das unermüdliche Streben nach Erfolg. Meine fachliche und persönliche Entwicklung in den letzten Jahren hat er maßgeblich geprägt. Ich blicke auf eine wunderbare Zeit mit vielen außergewöhnlichen Momenten zurück!

Für die Übernahme des Korreferats danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann von der Technischen Universität München (TUM), dessen Arbeiten mir wesentliche Impulse gegeben haben.

Meinen Mitstreiterinnen und Mitstreitern im Team Strategische Planung und Innovationsmanagement und allen weiteren Kolleginnen und Kollegen in der Fachgruppe sowie des Fraunhofer-Instituts IEM danke ich für die hervorragende und kollegiale Zusammenarbeit. Besonderer Dank gilt Dr.-Ing. Benjamin Amshoff, Marvin Drewel, Dr.-Ing. Christian Dülme, Dr.-Ing. Benedikt Echterhoff, Dr.-Ing. Niklas Echterhoff, Dr.-Ing. Olga Echterhoff, Dr.-Ing. Daniel Eckelt, Maximilian Frank, Dr.-Ing. Martin Kage, Christian Koldewey, Dr.-Ing. Anne Lehner, Dr.-Ing. Stefan Peter, Christoph Pierenkemper, Dr.-Ing. Markus Placzek und Dr.-Ing. René Rübhelke. Den vielen Studierenden, die ich namentlich nicht alle nennen kann, danke ich für ihre Unterstützung als studentische Hilfskraft oder durch ihre studentischen Abschlussarbeiten. Hervorheben möchte ich Hans-Heinrich Evers, Nadja Rest und Julia Schäffer. Großer Dank gilt auch Alexandra Dutschke und Sabine Illigen, die mit ihrer guten Seele immer die Motivation der Mannschaft hochhalten. Ferner danke ich meinem neuen Arbeitgeber Miele, in Person Dr. Stefan Breit für die Zeit, mein Promotionsverfahren vollenden zu können.

Meinen Eltern Christiane und Ulrich sowie meiner Schwester Kristina danke ich von Herzen für den bedingungslosen Rückhalt und die Werte und Fähigkeiten, die Sie mir für meinen persönlichen Lebensweg mitgegeben haben. Ihr habt mir einen inneren Kompass geschenkt, der mich in allen Situationen leitet. Mein besonderer Dank gilt meiner Freundin Noëmi, die mich in meinem Vorhaben unermüdlich unterstützt hat und immer in den richtigen Momenten an die wichtigen Dinge im Leben erinnert hat. Dein Zuspruch, deine Geduld und dein Verständnis haben es erst möglich gemacht, diese Arbeit erfolgreich abzuschließen. Ich bin sehr dankbar dafür, dass ich dich habe!



## Liste der vorveröffentlichten Teilergebnisse

- [ADE+14a] AMSHOFF, B.; DÜLME, C.; ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Business Model Patterns for Disruptive Technologies. In: HUIZINGH, K. R. E.; CONN, S.; TORKKELI, M.; BITRAN, I. (Ed.): The Proceedings of the ISPIM Americas Innovation Forum, 5.-8. October, Montreal, Canada, 2014
- [ADE+14b] AMSHOFF, B.; DÜLME, C.; ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Geschäftsmodellmuster für disruptive Technologien. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20.-21. November, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 334, Paderborn, 2014, S. 165-190
- [ADE+15] AMSHOFF, B.; DÜLME, C.; ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Business Model Patterns for Disruptive Technologies. International Journal of Innovation Management, Vol. 19, No. 3, 2015
- [AEG15] AMSHOFF, B.; ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Musterbasierte Geschäftsmodellentwicklung. In: BINZ, H.; BERTSCHE, B.; BAUER, W.; ROTH, D. (Hrsg.): Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2015 – Entwicklung smarter Produkte für die Zukunft, SPP 2015, 19. Juni, Fraunhofer Verlag, 2015
- [EAG15] ECHTERFELD, J.; AMSHOFF, B.; GAUSEMEIER, J.: How to use Business Model Patterns for Exploiting Disruptive Technologies. In: PRETORIUS, L.; THOPIL, G. A. (Ed.): IAMOT 2015 – Proceedings of the 24th International Association for Management of Technology Conference, 8.-11. June, Cape Town, South Africa, 2015
- [GEA16] GAUSEMEIER, J.; ECHTERFELD, J.; AMSHOFF, B.: Strategische Produkt- und Prozessplanung. In: LINDEMANN, U. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München, 2016, S. 9-35
- [EDG17] ECHTERFELD, J.; DÜLME, C.; GAUSEMEIER, J.: Gestaltung von Produktstrategien im Zeitalter der Digitalisierung. 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, 11.-12. Mai 2017, Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 369, Paderborn, 2017, S. 67-92
- [EG17] ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Digitizing Product Portfolios. In: BITRAN, I.; CONN, S.; HUIZINGH, K. R. E.; KOKSHAGINA, O.; TORKKELI, M.; TYNNHAMMAR, M. (Ed.): Proceedings of the ISPIM Innovation Summit 2017, 10.-13. December, Melbourne, Australia, 2017
- [DEG+17] DÜLME, C.; ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.; HANNES, L.: Digital Transformation of Product Portfolios - Future-oriented Consolidation as Key Enabler. In: HÖRLESBERGER, M.; HRIBERNIK, B. (Ed.): IAMOT 2017 – Proceedings of the 26th International Association for Management of Technology Conference, 14.-18. May, Vienna, Austria, 2017
- [EG18a] ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Digitising Product Portfolios. International Journal of Innovation Management, Vol. 22, No. 5, 2018, pp. 1-27
- [EG18b] ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Pattern based digitization of product portfolios. Proceedings of the 27th International Association for Management of Technology Conference (IAMOT), 22.-26. April, Birmingham, England, 2018
- [EG18c] ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Digitalisierung von Produktprogrammen. In: GAUSEMEIER, J.; BAUER, W.; DUMITRESCU, R. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 8.-9. November 2018, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 385, Paderborn, 2018, S. 55-80
- [GDE+19] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMANN, F.: Innovationen für die Märkte von morgen – Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Carl Hanser Verlag, München, 2019



## **Zusammenfassung**

Die Digitalisierung ist ein Schlüsseltreiber für Innovationen und wird die Produktlandschaft von morgen nachhaltig verändern. Produkte werden zunehmend intelligent; sie kommunizieren und kooperieren über Datennetze wie das Internet mit anderen Systemen. Durch die Integration digitaler Technologien werden völlig neue Features ermöglicht, die den Funktionsumfang herkömmlicher Produkte übersteigen. Neben den Potentialen für Produktinnovationen eröffnet die Digitalisierung aber auch Perspektiven für produktbasierte Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen. Beispiele hierfür sind Smart Services und digitale Ökosysteme. Für Unternehmen kommt es darauf an, die Innovationspotentiale der Digitalisierung zu erschließen, um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und den zukünftigen Geschäftserfolg zu sichern.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen. Das Fundament der Systematik bilden die drei Gestaltungsdimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell, aus denen drei übergeordnete strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen resultieren. Ein Katalog mit Innovationsprinzipien zeigt bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten entlang der drei Dimensionen auf. Zur effizienten und nutzungsfreundlichen Anwendung der Prinzipien wird eine Werkzeugunterstützung in Form eines Kartensets und einer App bereitgestellt. Das Kernelement der Systematik bildet ein Vorgehensmodell, das die durchzuführenden Tätigkeiten beschreibt, um die digitale Transformation des Produktprogramms zu planen. Resultat ist eine Digitalisierungs-Roadmap, die die geplante Weiterentwicklung des Produktprogramms im Lichte der Digitalisierung abbildet. Die Anwendung der Systematik erfolgt exemplarisch anhand eines Produktprogramms für Staubsauger.

## **Summary**

Digitalization is a key driver for innovation and will change tomorrow's product landscape drastically. Products are becoming increasingly intelligent; they communicate and cooperate with other systems via data networks such as the Internet. The integration of digital technologies will enable completely new features that exceed the functionality of conventional products. In addition to the potential for product innovations, digitalization also opens up perspectives for product-based service and business model innovations. Examples include smart services and digital ecosystems. For companies, it is important to exploit the innovation potential of digitalization in order to stay competitive and secure future business success.

The goal of this thesis is a systematic approach for the digitalization of product portfolios. The three dimensions product, service and business model form the foundation of the approach. A catalogue with innovation principles shows proven options for the digitalization of products along the three dimensions. A tool support in form of a card set and an app is provided for a user-friendly usage of the principles. The core element of the approach is a process model that describes the activities to be carried out in order to plan the digital transformation of the product portfolio. The result is a digitalization roadmap that depicts the planned further development of the product portfolio in the light of digitalization. The approach is applied using the product portfolio of vacuum cleaners as an example.



Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>5</b>
1.1 Problematik .....	5
1.2 Zielsetzung .....	8
1.3 Vorgehensweise.....	8
<b>2 Problemanalyse</b> .....	<b>9</b>
2.1 Begriffsabgrenzung .....	9
2.1.1 Produkt, Dienstleistung und Marktleistung .....	9
2.1.2 Produktprogramm, Dienstleistungsprogramm und Leistungsprogramm.....	11
2.1.3 Geschäftsmodell und Geschäftsmodellportfolio .....	12
2.1.4 Idee, Invention und Innovation .....	14
2.1.5 Digitalisierung und digitale Transformation .....	17
2.1.6 Lösungsmuster, Wirkprinzip und Innovationsprinzip .....	20
2.2 Prozess der Marktleistungsentstehung.....	21
2.2.1 Referenzmodell der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER.....	21
2.2.2 Programmgestaltung als Aufgabe der Produktstrategie.....	23
2.3 Wandel der industriellen Produktion durch die Digitalisierung.....	25
2.3.1 Wandel der Produktwelt .....	25
2.3.1.1 Mechatronische Systeme .....	26
2.3.1.2 Intelligente Technische Systeme .....	27
2.3.1.3 Cyber-Physische Systeme .....	28
2.3.1.4 Smart Products.....	30
2.3.2 Wandel der Geschäftswelt .....	30
2.3.2.1 Digitale Plattformen .....	31
2.3.2.2 Smart Services .....	32
2.3.2.3 Digitale Ökosysteme .....	33
2.4 Digitalisierung von Produktprogrammen – Theorie und Praxis .....	34
2.4.1 Digitale Technologien als Basis digitalisierter Produkte .....	34
2.4.2 Eigenschaften digitalisierter Produkte .....	36
2.4.3 Nutzen- und Erfolgspotentiale digitalisierter Produkte .....	38
2.4.4 Status Quo der Digitalisierung von Produktprogrammen .....	41
2.4.5 Herausforderungen bei der Digitalisierung von Produktprogrammen .....	42

2.5	Lösungsmusterbasierte Digitalisierung von Produktprogrammen.....	43
2.5.1	Phasen musterbasierten Problemlösens.....	43
2.5.2	Lösungsmuster im Kontext der Digitalisierung .....	44
2.5.3	Vorteile von Lösungsmustern.....	45
2.6	Problemabgrenzung.....	46
2.7	Anforderungen an die Systematik.....	48
<b>3</b>	<b>Stand der Technik .....</b>	<b>51</b>
3.1	Ansätze zur Digitalisierung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen ..	51
3.1.1	Ansätze zur Digitalisierung der Produktwelt.....	51
3.1.1.1	Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme nach IWANEK .....	51
3.1.1.2	Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme nach DUMITRESCU .....	54
3.1.1.3	Integration kognitiver Funktionen in Produktkonzepte nach METZLER.....	56
3.1.1.4	Leitfaden Industrie 4.0 nach ANDERL ET AL.....	57
3.1.1.5	Reifegradmodell-basierte Planung von Cyber- Physical Systems nach WESTERMANN .....	60
3.1.2	Ansätze zur Digitalisierung der Geschäftswelt .....	63
3.1.2.1	Service-Innovation-Zyklus zur Entwicklung industrieller, datenbasierter Dienstleistungen nach HARLAND ET AL... 63	
3.1.2.2	Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme nach RABE .....	64
3.1.2.3	Digitale Transformation von Geschäftsmodellen nach SCHALLMO und RUSNJAK .....	66
3.2	Ansätze zur Planung und Weiterentwicklung von Leistungsprogrammen und Geschäftsmodellportfolios.....	68
3.2.1	Ansätze zur Programmplanung.....	68
3.2.1.1	Strategische Planung modularer Produktprogramme nach JONAS.....	68
3.2.1.2	Strategische Planung variantenreicher Produkte nach KUNZ .....	71
3.2.1.3	Strategische Produktprogrammplanung bei variantenreichen Produkten nach FRIEDRICH.....	73
3.2.2	Ansätze zur Programmevolution .....	74
3.2.2.1	Produktgenerationsentwicklung (PGE) nach ALBERS .	74
3.2.2.2	Release-Planung intelligenter technischer Systeme nach KÜHN .....	76
3.2.2.3	Entwicklung produktlebenszyklusorientierter Geschäftsmodell-Roadmaps nach PEITZ .....	79

3.3	Ansätze zur musterbasierten Entwicklung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen .....	82
3.3.1	Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ) nach ALTSCHULLER .....	82
3.3.2	St. Galler Business Model Navigator™ nach GASSMANN ET AL.	84
3.3.3	Musterbasierte Entwicklung von Frugal Innovations nach LEHNER .....	86
3.3.4	Musterbasierter Entwurf mechatronischer Systeme nach ANACKER.....	88
3.4	Ansätze zur strategischen Produktplanung .....	91
3.4.1	Ansätze zur Vorausschau .....	91
3.4.1.1	Szenario-Technik nach GAUSEMEIER .....	92
3.4.1.2	Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Zukunftsszenarien nach REYMANN...	93
3.4.2	Ansätze zur Ideenfindung .....	97
3.4.2.1	Design Thinking.....	97
3.4.2.2	Value Proposition Design nach OSTERWALDER ET AL. .	99
3.4.3	Ansätze zur Konzipierung .....	101
3.4.3.1	Spezifikationstechnik CONSENS nach GAUSEMEIER	101
3.4.3.2	Strukturelles Komplexitätsmanagement nach LINDEMANN ET AL. ....	103
3.4.3.3	Spezifikationstechnik für Wertschöpfungssysteme nach SCHNEIDER .....	106
3.5	Handlungsbedarf.....	108
<b>4</b>	<b>Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen.....</b>	<b>113</b>
4.1	Aufbau der Systematik .....	113
4.2	Gestaltungsdimensionen und strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen .....	115
4.3	Katalog mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung .....	117
4.4	Werkzeugunterstützung zur Anwendung der Innovationsprinzipien .....	124
4.5	Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen .....	127
4.5.1	Programmanalyse .....	129
4.5.1.1	Festlegung der zu betrachtenden Produktgruppen ..	129
4.5.1.2	Ermittlung bereits realisierter Digitalisierungsoptionen	131
4.5.1.3	Ermittlung der vom Wettbewerb realisierten Digitalisierungsoptionen .....	134
4.5.1.4	Bestimmung der digitalen Position .....	136
4.5.2	Programmausrichtung.....	140
4.5.2.1	Entwicklung einer Vorstellung von der digitalen Zukunft	140

4.5.2.2	Erstellung einer Szenario-Roadmap.....	144
4.5.2.3	Definition der zukünftigen Programmstruktur .....	146
4.5.2.4	Formulierung einer Digitalisierungsstoßrichtung .....	149
4.5.3	Ideenfindung .....	154
4.5.3.1	Bestimmung der Kundenaufgaben .....	154
4.5.3.2	Analyse von Kundenproblemen und -gewinnen .....	156
4.5.3.3	Ermittlung von Digitalisierungsoptionen .....	157
4.5.3.4	Bewertung und Auswahl der Digitalisierungsoptionen	162
4.5.4	Programmdefinition .....	165
4.5.4.1	Bildung von Nutzenclustern.....	166
4.5.4.2	Ermittlung von Kombinationsgeboten und -verboten	168
4.5.4.3	Definition von Digitalisierungspaketen.....	170
4.5.4.4	Zuordnung der Digitalisierungspakete zu den Produktgruppen.....	173
4.6	Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen .....	175
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>179</b>
<b>6</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>183</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>185</b>

## Anhang

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>A1 Ergänzungen zur Problemanalyse .....</b>	<b>A-1</b>
A1.1 Nutzelemente für B2B-Produkte nach ALMQUIST ET AL. ....	A-1
<b>A2 Ergänzungen zur Systematik.....</b>	<b>A-3</b>
A2.1 Übersicht über die Innovationsprinzipien der Digitalisierung .....	A-3
A2.2 Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads .....	A-10
A2.3 Beispiele für digitale Positionen im Digitalisierungsraum .....	A-12
A2.4 Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads.....	A-13
A2.5 Rechnerische Unterstützung zur Erstellung der Szenario-Roadmap..	A-15
A2.6 Steckbriefe für Digitalisierungsoptionen in den Dimensionen Dienstleistung und Geschäftsmodell.....	A-19

# 1 Einleitung

*„Die reinste Form des Wahnsinns ist es, alles beim Alten zu belassen und zu hoffen, dass sich etwas ändert“ – ALBERT EINSTEIN*

Die vorliegende Arbeit adressiert die Digitalisierung von Produktprogrammen. Die Digitalisierung wird die Produktlandschaft radikal verändern und nachhaltig prägen. Produzierende Unternehmen, die zukünftig erfolgreich sein möchten, sind daher gefordert, die sich bietenden Möglichkeiten der Digitalisierung zu nutzen und ihre Produkte zu innovieren. Die entwickelte Systematik zeigt auf, wie Unternehmen die Innovationspotentiale der Digitalisierung systematisch erschließen und die digitale Transformation ihres Produktprogramms zielgerichtet planen können.

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

## 1.1 Problematik

Die Digitalisierung ist der **Innovationstreiber** des 21. Jahrhunderts [Kag14, S. 67]. Sie durchdringt alle Lebensbereiche und führt zu tiefgreifenden **Veränderungen der globalen Produktlandschaft** [NZN+16, S. 1ff.]. Ob Mobiltelefone, Fernsehgeräte, Fahrzeuge, Haushaltsgeräte, Produktionsmaschinen oder Zahnbürsten – Produkte aus nahezu allen Branchen werden zunehmend intelligent und digital anschlussfähig. Bereits im Jahr 2015 waren ca. 15 Milliarden Produkte weltweit mit dem Internet verbunden – bis 2020 werden es ca. 30 Milliarden sein [KRH+15, S. 14]. ZUBOFFS erstes Gesetz *„Alles was digitalisiert werden kann, wird digitalisiert werden“* erscheint heute relevanter denn je [Zub88], [Obe17, S. 9f.].

Die voranschreitende Digitalisierung der Produkte ist insbesondere auf die immensen Fortschritte im Bereich **digitaler Technologien** zurückzuführen [Bro10, S. 19ff.]. So ist die Leistungsfähigkeit der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in den vergangenen Jahrzehnten rasant gestiegen [BUB17, S. 13], [GB12, S. 19]. Gleichzeitig haben sich die Kosten erheblich reduziert, sodass sie in der Fläche eingesetzt werden können [KW18-ol], [JL13, S. 34]. Infolgedessen ist der Anteil digitaler Technologien in den Erzeugnissen produzierender Unternehmen stark angewachsen [EM17, S. 340f.].

Vor dem Hintergrund der technologischen Entwicklung zeichnet sich ein enormer **Innovationssprung** in der Produktwelt von morgen ab [GDE+19, S. 86ff.]: Aus heutiger Sicht handelt es sich bei digitalisierten Produkten in der Regel um **mechatronische Systeme**, die auf dem synergetischen Zusammenwirken unterschiedlicher Fachdisziplinen wie Maschinenbau, Elektrik/Elektronik und Informationstechnik beruhen. Zukünftig wandeln sich die Produkte zu **Intelligenten Technischen Systemen (ITS)**, die über eine kognitive Informationsverarbeitung verfügen und auf Basis von Künstlicher Intelligenz Verhaltensweisen und Funktionen aufweisen, die bislang biologischen Systemen vorbehalten waren. Darüber hinaus kommunizieren und kooperieren sie mit anderen Systemen über globale

Datennetze wie das Internet. Auf diese Weise entstehen intelligente vernetzte Systeme, die auch als **Cyber-physische Systeme (CPS)** [Bro10, S. 24] bzw. im Kontext von Produkten als Smart Products [Abr18, S. 4] bezeichnet werden. **Smart Products** bieten den Kunden völlig neue Features, die den Funktionsumfang herkömmlicher Produkte um ein Vielfaches übersteigen [PH14, S. 4].

Neben der erweiterten Produktfunktionalität eröffnet die Digitalisierung jedoch auch Perspektiven für gänzlich neue Marktleistungskonzepte rund um ein bestehendes Produkt. Dazu zählen digitale Dienstleistungen – sog. **Smart Services** – die einen Mehrwert durch die Auswertung von Daten smarter Produkte generieren und über **digitale Plattformen** erbracht werden [PD17, S. 94]. Durch die Vernetzung mehrerer smarter Produkte und die Bereitstellung komplementärer digitaler Dienstleistungen entstehen komplexe **digitale Ökosysteme**, die eine Art integriertes Vollsortiment darstellen [LB15, S. 231]. Ausgehend von den skizzierten neuen Marktleistungskonzepten ergeben sich faszinierende Möglichkeiten, um das mit einem Produkt verbundene **Geschäftsmodell** weiterzuentwickeln.

Angesichts der dargestellten Verschmelzung von Produkt-, Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen, greift eine rein produktorientierte Programmplanung im Zeitalter der Digitalisierung zu kurz. Vielmehr kommt es darauf an, neben **digitalen Features** auch **digitale Services** und **Geschäftsmodelle** für ein Produkt ins Kalkül zu ziehen. Bild 1-1 zeigt einige Beispiele, in denen Unternehmen ihre Produkte in diesen drei Dimensionen innoviert haben: Der Reifenhersteller Hankook hat einen intelligenten Reifen entwickelt, der in der Lage ist, im Falle von Glatteis und Aquaplaning automatisch zu bremsen. Der Bettenhersteller Sleep Number hat ein Bett auf den Markt gebracht, das automatisch das Kopfteil verstellt, wenn die schlafende Person schnarcht. Der Elektronikkonzern Samsung hat einen Kühlschrank mit intelligentem Bestandsmanagementsystem und Online-Bestellservice für Lebensmittel entwickelt. Der Aufzughersteller thyssenkrupp bietet einen prädiktiven Wartungsservice für seine Aufzüge an, bei dem die Restlebensdauer von Komponenten datengestützt berechnet und erforderliche Eingriffe durch Servicetechniker vorausschauend geplant werden. Der Kompressorenhersteller Kaeser hat für seine Kompressoren ein digitales Geschäftsmodell operationalisiert, bei dem der Kunde das Gerät nicht kauft, sondern pro verbrauchtem Kubikmeter Druckluft bezahlt. Der Roboterhersteller Kuka betreibt ein Geschäftsmodell, das eine Abrechnung nach produzierten Einheiten anstelle des Verkaufs von Robotern vorsieht.

Die Digitalisierung ihres Produktprogramms ist für Unternehmen mit **attraktiven Erfolgspotentialen** verknüpft. Laut einer Studie des BMWi sprechen ca. 80% aller befragten Unternehmen der Digitalisierung einen hohen Einfluss auf den Unternehmenserfolg zu [BMW18, S. 26]. Untersuchungen von KOCH ET AL. sowie STEIMEL und BUEHLER kommen zu dem Schluss, dass Unternehmen mit stark digitalisiertem Produktprogramm ein überdurchschnittliches Umsatz- und Gewinnwachstum aufweisen [KKG+14, S. 30], [SB18, S. 20]. Wenngleich viele Unternehmen angesichts der Erfolgspotentiale bestrebt sind, ihr Produktprogramm zu digitalisieren, ist der **gegenwärtige Digitalisierungsgrad** noch relativ gering ausgeprägt. KOCH ET AL. konstatieren für das Jahr 2014, dass lediglich ein Drittel der Unternehmen über ein hoch digitalisiertes Produktprogramm verfügen [KKG+14, S. 27f.].

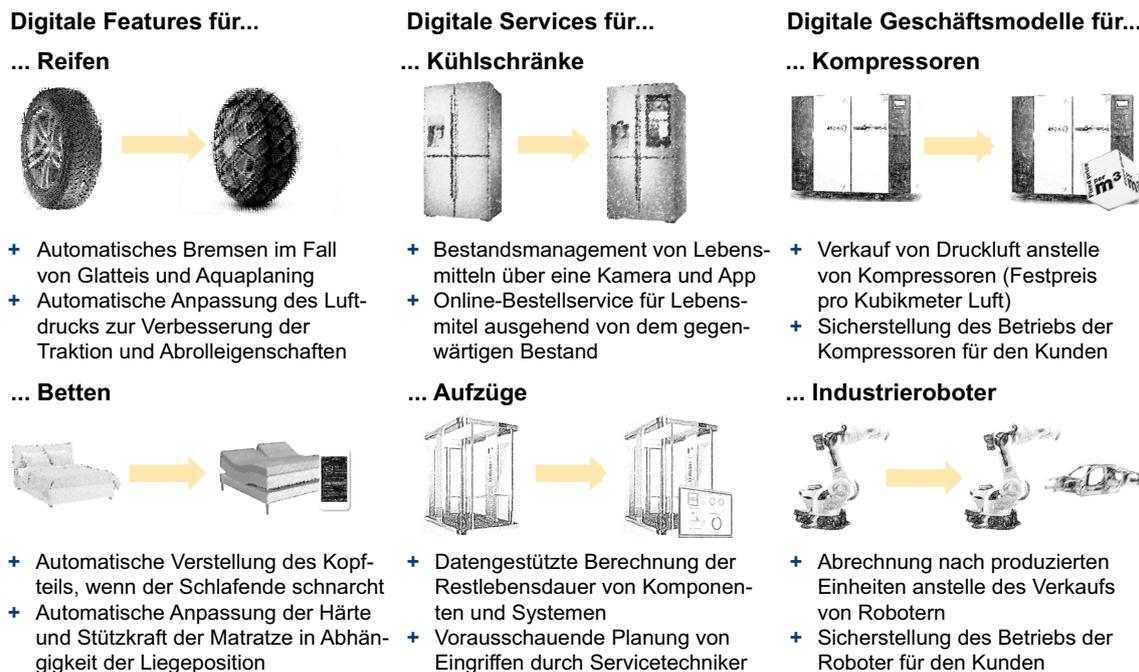


Bild 1-1: Beispiele für die Digitalisierung von Produkten [EG18a, S. 4], [EG18c, S. 59]

BLOCHING ET AL. merken kritisch an, dass viele Unternehmen den Chancen der Digitalisierung aktuell hinterherlaufen [BLO+15, S. 27f.]. Dies lässt sich auf verschiedene **Herausforderungen** zurückführen. Ein zentraler Punkt ist die gesamtheitliche Ausrichtung des Produktprogramms auf die Digitalisierung. Es gilt für jede Produktgruppe zu entscheiden, auf welche Weise und in welcher Intensität sie digitalisiert werden soll [Pop15, S. 89]. Dabei darf Digitalisierung nicht zum Selbstzweck erfolgen, sondern muss stets einen Nutzen für den Kunden stiften. Darüber hinaus vollzieht sich der digitale Wandel nicht ad-hoc, sondern evolutionär über einen langen Zeitraum [Pet16, S. 23]. Entsprechend gilt es auch die Weiterentwicklung der Produktgruppen über mehrere Generationen zu planen [ABW15, S. 4ff.]. Ferner kann die Digitalisierung zu disruptiven Veränderungen des Geschäfts führen [Mey17, S. 9]. Unternehmen sind somit gefordert, derartige Veränderungen vorausdenken und proaktiv zu gestalten, anstatt abzuwarten und von dem Wandel überrascht zu werden. Schließlich bieten sich angesichts der Vielzahl an digitalen Technologien nahezu unüberschaubare Möglichkeiten, um Produkte zu digitalisieren [MBE+16, S. 49] – vielen Unternehmen fehlt es daher an Orientierung und Wissen. Ein vielversprechender Ansatz zur Begegnung dieser Herausforderung sind **Innovationsprinzipien**, die im Sinne von Lösungsmustern bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten aufzeigen [Alt73, S. 132].

**Fazit:** Die Digitalisierung eröffnet Unternehmen weitreichende Chancen, ihr Produktprogramm zu innovieren und Wachstum zu generieren. Häufig fällt es ihnen jedoch schwer, die Erfolgspotentiale der Digitalisierung zu erschließen. Es mangelt an einer durchgängigen Systematik, die es erlaubt, die Digitalisierung aller Produktgruppen eines Produktprogramms über mehrere Generationen zu planen. Um Unternehmen konkrete Optionen zur Weiterentwicklung ihrer Produkte durch digitale Features, Services und Geschäftsmodelle aufzuzeigen, bedarf es zudem einer Sammlung mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung.

## 1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen. Die Systematik soll Unternehmen in die Lage versetzen, die digitale Transformation ihres Produktprogramms innovationsorientiert planen zu können. Sie richtet sich vorderhand an Produkt-, Technologie- und Innovationsmanager<sup>1</sup> sowie Mitarbeiter der Unternehmensentwicklung. Die Systematik soll insgesamt aus vier Bestandteilen bestehen. Grundlage der Systematik sollen die **drei Gestaltungsdimensionen** Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell bilden. Ein weiterer Bestandteil ist ein **Katalog mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung**, der bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten entlang der drei Dimensionen aufzeigt. Für eine nutzungsfreundliche Anwendung der Innovationsprinzipien ist eine **Werkzeugunterstützung** zu entwickeln. Kern der Systematik soll ein **Vorgehensmodell** bilden, das die durchzuführenden Tätigkeiten zur Digitalisierung von Produktprogrammen beschreibt – ausgehend von einer Analyse des derzeitigen Digitalisierungsgrads, über eine zukunftsorientierte Programmausrichtung bis hin zur Ermittlung und Umsetzungsplanung ausrichtungskonformer Digitalisierungsoptionen.

## 1.3 Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit ist in fünf Kapitel gegliedert. Im Anschluss an die Einleitung wird die dargelegte Problematik in **Kapitel 2** präzisiert. Zu Beginn werden wesentliche Begriffe definiert und abgegrenzt. Im Anschluss wird die zu entwickelnde Systematik in den Prozess der Marktleistungsentstehung eingeordnet. Es folgt eine Beschreibung des Wandels der industriellen Produktion durch die Digitalisierung. Daran anknüpfend wird die Digitalisierung von Produktprogrammen aus theoretischer und praktischer Sicht beleuchtet und der Einsatz von Lösungsmustern erörtert. Im Rahmen einer Problemabgrenzung erfolgt anschließend die Zusammenfassung der grundlegenden Handlungsfelder. Die Problemanalyse schließt mit der Ableitung von Anforderungen an die angestrebte Systematik.

**Kapitel 3** liefert einen Überblick über den Stand der Technik. Zunächst werden Ansätze zur Digitalisierung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen untersucht. Anschließend werden Ansätze zur Planung und Weiterentwicklung von Leistungsprogrammen und Geschäftsmodellportfolios analysiert. Es folgt eine Betrachtung von Methoden, die die musterbasierte Entwicklung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen adressieren sowie eine Untersuchung ergänzender Methoden der strategischen Produktplanung. Eine Bewertung der Ansätze hinsichtlich der gestellten Anforderungen erlaubt die Ableitung des Handlungsbedarfs.

In **Kapitel 4** wird die Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen vorgestellt. Eingangs wird ein Überblick über die Systematik und ihre Bestandteile gegeben. Anschließend werden die einzelnen Bestandteile im Detail erläutert. Das Kapitel schließt mit einer Bewertung der Systematik anhand der in Kapitel 2 aufgestellten Anforderungen.

**Kapitel 5** gibt eine Zusammenfassung und einen Ausblick auf zukünftige Forschungsfragen.

---

<sup>1</sup> Aus Gründen der einfachen Lesbarkeit wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit die maskuline Form verwendet. Selbstredend beziehen sich die Angaben jedoch stets auf Angehörige aller Geschlechter.

## 2 Problemanalyse

Ziel der Problemanalyse sind Anforderungen an eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen. In Abschnitt 2.1 werden wesentliche Begriffe der Arbeit abgegrenzt und definiert. In Abschnitt 2.2 wird die Systematik in den Referenzprozess der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER eingeordnet. Darüber hinaus wird die Programmgestaltung als Aufgabe der Produktstrategie diskutiert.

Kern der Arbeit ist die strategische Planung digitalisierter Produktprogramme. In Abschnitt 2.3 wird der Wandel der industriellen Produktion durch die Digitalisierung beschrieben. Abschnitt 2.4 analysiert die Digitalisierung von Produktprogrammen aus theoretischer und praktischer Sicht. Eine zentrale Herausforderung bei der Digitalisierung von Produktprogrammen sind die vielfältigen, nahezu unüberschaubaren Möglichkeiten für Programmmodifikationen. Abschnitt 2.5 widmet sich dem Einsatz von Lösungsmustern als Ansatzpunkt, um dieser Herausforderung zu begegnen. Im Fokus stehen dabei sog. Innovationsprinzipien der Digitalisierung. Abschnitt 2.6 grenzt das Problem ab und arbeitet Handlungsfelder für die zu entwickelnde Systematik heraus. Die Abschnitte 2.1 bis 2.6 erlauben abschließend die Ableitung von Anforderungen an die Systematik in Abschnitt 2.7.

### 2.1 Begriffsabgrenzung

In den folgenden Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.6 werden die für diese Arbeit wesentlichen Begriffe definiert und voneinander abgegrenzt. Ziel ist ein einheitliches Verständnis der in der einschlägigen Literatur zum Teil kontrovers diskutierten Begrifflichkeiten.

#### 2.1.1 Produkt, Dienstleistung und Marktleistung

Ein **Produkt** ist eine Sachleistung, die von einem Unternehmen am Markt angeboten wird, um Kundenbedürfnisse zu befriedigen [Neu02, S. 10], [Sab91, S. 39].<sup>2</sup> Es können materielle und immaterielle Produkte unterschieden werden. Materielle Produkte sind gestaltbehaftet und das Ergebnis von Produktionssystemen [Eve92, S. 2058], [Spu98, S. 1]. Sie werden auch als technische Systeme bezeichnet [EM17, S. 35]. Immaterielle Produkte sind gestaltlos<sup>3</sup> und werden mit Hilfe von Informationssystemen erzeugt<sup>4</sup> [CS13, S. 43]. Produkte können grundsätzlich als „*Bündel technisch-funktionaler Eigenschaften*“ charakterisiert werden<sup>5</sup> [MBK15, S. 362], [Hom17, S. 557], [Bro99, S. 13]. Nach LINDEMANN werden **Eigenschaften** durch **Merkmale** und **Merkmalsausprägungen** beschrieben [Lin09, S. 160],

<sup>2</sup> Dieses eng gefasste Begriffsverständnis wird in der Literatur auch als substanzieller Produktbegriff bezeichnet [Hom17, S. 557] und liegt der vorliegenden Arbeit zu Grunde.

<sup>3</sup> Sie können jedoch an ein materielles Trägermedium gebunden sein [CS13, S. 43].

<sup>4</sup> Im Rahmen der Arbeit wird dieses Verständnis für immaterielle Produkte zugrunde gelegt. Gleichwohl finden sich in der Literatur Klassifizierungsansätze, die immaterielle Produkte weiter fassen [Mal91, S. 41], [CG15, S. 16f.]. Häufig werden auch Dienstleistungen zu den immateriellen Produkten gezählt. Sie werden hier jedoch bewusst separiert betrachtet. Dieser Sichtweise folgt u.a. auch DANGELMEIER [Dan09, S. 1].

<sup>5</sup> Dies gilt vorderhand für materielle Produkte, die im Folgenden im Fokus stehen.

wobei sich Beschaffenheits-, Funktions- und Relationsmerkmale unterscheiden lassen [DIN2330]. Beschaffenheitsmerkmale beziehen sich auf die Gestalt eines Produktes, z.B. Geometrie, Werkstoff, Farbe etc. Funktionsmerkmale kennzeichnen dessen Funktionen. Nach PAHL und BEITZ beschreibt eine **Funktion** den „*allgemeine[n] und gewollte[n] Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang eines Systems mit dem Ziel, eine Aufgabe zu erfüllen*“ [PBF+13, S. 242]. Relationsmerkmale ergeben sich aus dem Zusammenhang mit anderen Systemen (Produktionssystem, Nutzer etc.), z.B. Herstellbarkeit, Kosten etc. Die Eigenschaften eines Produktes legen dessen Position im Markt fest. Grundsätzlich gilt, dass ein Kunde sich nur dann für ein Produkt entscheidet, wenn es ihm in der Summe seiner Eigenschaften einen positiven **Nutzen** stiftet und er es gleichzeitig gegenüber den als relevant erachteten Wettbewerbsprodukten als überlegen einschätzt [Wer09, S.117], [Tro07, S. 343]. Eigenschaften, die für den Kunden einen unmittelbaren Wert darstellen und entscheidend für den Kauf sind, werden auch als **Produktfeatures**<sup>6</sup> bezeichnet [HGG16, S. 315], [OW08, S. 424]. Die Realisierung von Produkteigenschaften erfolgt durch Technologien [SKO11, S. 178]. **Technologien** beinhalten nach BINDER und KANTOWSKY „*Wissen, Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Lösung technischer Probleme, sowie die Anlagen, Einrichtungen und Verfahren, die dazu dienen, naturwissenschaftliche Kenntnisse praktisch umzusetzen*“<sup>7</sup> [BK96, S. 91]. Folglich lässt sich ein Produkt auch als Bündel von Technologien auffassen.

Eine **Dienstleistung** ist eine Tätigkeit oder Leistung, die von einer natürlichen oder juristischen Person zur Befriedigung eines Bedürfnisses erbracht wird [KKO17, S. 498], [HW00, S. 725]. Dienstleistungen sind immaterieller Natur und beruhen auf dem Einsatz oder der Bereitstellung einer Leistungsfähigkeit [MBH15, S.14]. Synonym zum Dienstleistungsbegriff wird häufig auch der aus der angloamerikanischen Literatur stammende Begriff **Service** verwendet [Hal17, S. 14]. Allgemein lassen sich Dienstleistungen durch die drei Dimensionen Prozess, Potential und Ergebnis charakterisieren [SGK06, S. 24f.]: Die Erbringung einer Dienstleistung erfolgt in einem Prozess zwischen Anbieter und Nachfrager, wobei der Nachfrager oder ein in seinem Besitz befindliches Sachgut in den Prozess involviert ist<sup>8</sup> (*Prozessdimension*). Im Rahmen des Prozesses bringt der Anbieter seine Fähigkeiten und Ressourcen ein (*Potentialdimension*). Nach Abschluss des Prozesses liegt ein Ergebnis vor, dessen Güte der Nachfrager im Vorfeld jedoch nicht genau kennt (*Ergebnisdimension*). Aus Sicht eines produzierenden Unternehmens bieten Dienstleistungen die Möglichkeit, die Position von Produkten im Markt zu verbessern und den Absatz zu steigern<sup>9</sup> [BV14, S. 299f.].

---

<sup>6</sup> Der Feature-Begriff stammt aus der Softwareentwicklung, wird jedoch insbesondere im Kontext der Digitalisierung auch für technische Systeme verwendet [Küh16, S. 13].

<sup>7</sup> Dieses Verständnis des Technologiebegriffs wird auch als integriertes Begriffsverständnis bezeichnet. Daneben existiert das traditionelle Begriffsverständnis, das eine explizite Trennung der Begriffe Technologie und Technik vorsieht [Bul94, S. 32ff.], [SLS11, S. 19].

<sup>8</sup> Dieser Umstand wird auch als Integration des externen Faktors bezeichnet [MBH15, S. 31]. Darüber hinaus fallen im Rahmen des Prozesses die Erstellung und der Konsum der Leistung zeitlich zusammen (uno-actu-Prinzip) [MBH15, S. 34].

<sup>9</sup> Dienstleistungen, die von produzierenden Unternehmen zusätzlich zu ihren Produkten angeboten werden, werden als industrielle Dienstleistungen bezeichnet. Weitere Bezeichnungen sind u.a. produktbegleitende, komplementäre oder funktionelle Dienstleistungen [BV14, S. 299].

Ein kombiniertes Angebot aus Produkten und Dienstleistungen wird als **hybrides Leistungs-bündel** oder **Produkt-Service-System** bezeichnet.<sup>10</sup> Nach MEIER und UHLMANN ist ein hybrides Leistungs-bündel gekennzeichnet durch „*die integrierte, sich gegenseitig determinierende Planung, Entwicklung, Implementierung, Erbringung und Nutzung von Sach- und Dienstleistungsanteilen*“ [MU12, S. 6]. Produkt-Service-Systeme bestehen SCHWEITZER folgend „*aus einem materiellen Sachprodukt, welches über die verschiedenen Phasen seiner Nutzung [...] zielgerichtet durch verschiedene Service[s] ergänzt wird*“ [Sch09, S. 7].

Eine **Marktleistung** ist nach GAUSEMEIER ET AL. ein reines Produkt, eine reine Dienstleistung oder eine Kombination von Produkten und Dienstleistungen [GEA16, S. 13]. Die Diskussion um die Zusammenhänge der Begriffe ist in Bild 2-1 zusammengefasst.

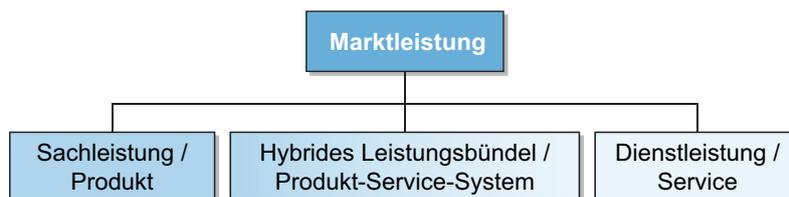


Bild 2-1: Das Spektrum der Marktleistung in Anlehnung an [MUK05, S. 531]

Der Ursprung produzierender Unternehmen liegt in der Regel im Angebot von Produkten, wobei das Angebot in Folge des Wandels vom Verkäufer- zum Käufermarkt zumeist aus mehreren Produkten besteht [GP14, S. 237], [GKK16, S. 111f.]. Dies macht eine tiefergehende Auseinandersetzung mit dem Begriff Produktprogramm erforderlich. Damit einher gehen die Begriffe Dienstleistungsprogramm und Leistungsprogramm.

### 2.1.2 Produktprogramm, Dienstleistungsprogramm und Leistungsprogramm

Das **Produktprogramm**<sup>11</sup> ist „*die Gesamtheit der Produkte, die ein Unternehmen am Markt anbietet*“ [Ble11, S. 7f.], [Hom17, S. 610]. Gemäß Bild 2-2 lässt sich ein Produktprogramm in verschiedene Hierarchieebenen gliedern. Das **Produktionsprogramm** unterscheidet sich vom Produktprogramm dadurch, dass es lediglich diejenigen Produkte umfasst, die ein Unternehmen selbst herstellt. Etwaige Handelswaren gehören nicht zum Produktionsprogramm [GKK16, S. 121]. Ein **Produktbereich** bzw. eine Produktlinie ist eine Menge von Produkten des Produktionsprogramms, die auf ähnlichen Anwendungs-bereichen, Funktionen oder Produktionsverfahren beruhen. Ihre Zusammenfassung ist aus betriebswirtschaftlicher und organisatorischer Sicht sinnvoll [KG18, S. 68], [Rup88, S. 35]. Ein Produktbereich besteht aus mehreren Produktgruppen bzw. Produktfamilien. Eine **Produktgruppe** ist eine Menge von Produkten, die auf gleichen Technologien, Funktionen oder Komponenten basieren [GKK16, S. 121], [Rup88, S. 35]. Eine Produktgruppe umfasst

<sup>10</sup> Darüber hinaus existieren weitere Bezeichnungen wie hybrides Produkt [SD06, S. 472] oder Leistungssystem [Sch05, S. 107].

<sup>11</sup> Neben der Bezeichnung Produktprogramm wird in der unternehmerischen Praxis häufig auch die Bezeichnung Produktportfolio verwendet. Diese hat ihren Ursprung in dem aus der Finanzierungslehre stammenden Begriff Portfolio bzw. Portfoliomanagement [Wen13, S. 91].

wiederum mehrere **Produktvarianten**. Darunter sind Produkte ähnlicher Form oder Funktion zu verstehen, die in der Regel einen hohen Anteil identischer Teile aufweisen [DIN199-1]. Die Anzahl der Produktbereiche bzw. Produktgruppen determiniert die Breite des Produktprogramms, die Anzahl der Produktvarianten dessen Tiefe [Hom17, S. 611], [Mül13, S. 159]. Während die **Programmbreite** unterschiedliche Anwendungsprobleme adressiert, werden mit der **Programmtiefe** identische Probleme gelöst [KJ06, S. 07]. Nach KRAUSE und GEBHARDT erfolgt die entwicklungsbezogene Planung eines Produktprogramms in der Regel auf der Hierarchieebene der Produktgruppen [KG18, S. 68].

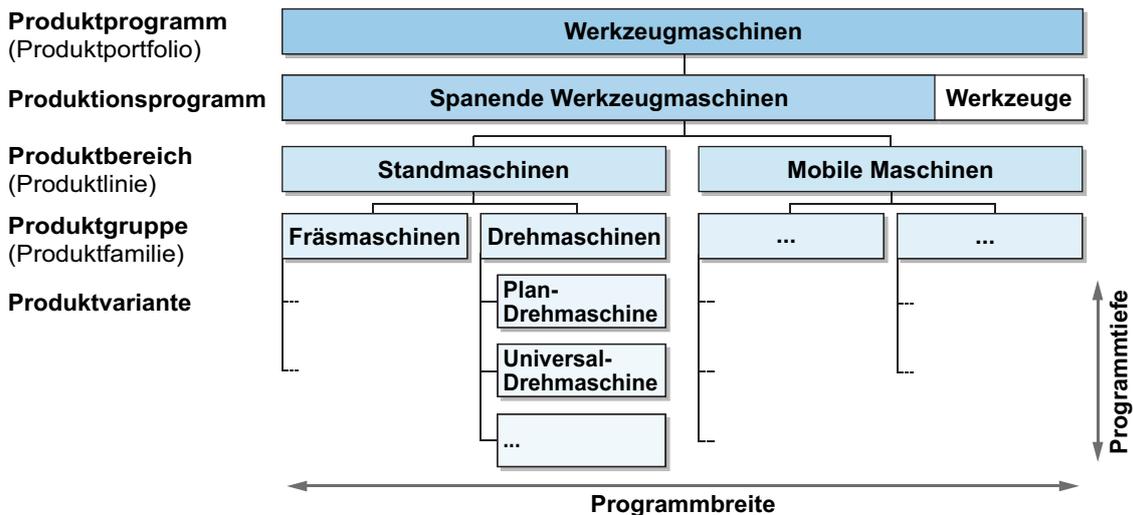


Bild 2-2: Hierarchieebenen des Produktprogramms nach [Dül18, S. 13], [KG18, S. 68]

Analog zum Produktprogramm lässt sich der Begriff des **Dienstleistungsprogramms** als die Gesamtheit der von einem Unternehmen angebotenen Dienstleistungen definieren und gleichermaßen hierarchisieren [Fli09, S. 108]. Das Produkt- und Dienstleistungsprogramm bzw. daraus abgeleitete Mischformen bilden zusammen das **Leistungsprogramm** eines Unternehmens [SGS+16, S. 111].

Unternehmen können sich jedoch nicht nur über das Leistungsprogramm differenzieren, sondern auch über das zu Grunde liegende Geschäftsmodell bzw. das Geschäftsmodellportfolio. Diese Begriffe werden im Folgenden erläutert.

### 2.1.3 Geschäftsmodell und Geschäftsmodellportfolio

Der Geschäftsmodellbegriff wird in der Managementforschung auf die Arbeiten von DRUCKER zurückgeführt<sup>12</sup> [Dru54, S. 49ff.], [CR10, S. 197], [BR11, S. 14]. Erstmals erwähnt wurde er von BELLMAN ET AL. [BCC+57, S. 8]. Eine intensive wissenschaftliche

<sup>12</sup> Andere Forschungsdisziplinen führen den Begriff auf einen anderen Ursprung zurück. So sieht die Wirtschaftsinformatik bspw. die Geschäftsmodellierung der 1970er Jahre als Begriffsquelle. Die Ökonomie sieht den Ausgangspunkt in der generischen Beschreibung von Geschäftstätigkeiten, wie z.B. das mittelalterliche Zunftwesen oder das Fabrikssystem der industriellen Revolution [BR11, S. 14].

Diskussion des Begriffs findet jedoch erst seit Mitte der 1990er Jahre in Folge der Verbreitung des Internet und der damit verbundenen Entstehung des E-Commerce statt [GV05, S. 541], [GP14, S. 205], [Wir18, S. 29ff.].

Ein **Geschäftsmodell** ist im Allgemeinen ein vereinfachtes Abbild der Geschäftslogik eines Unternehmens [SBK+11, S. 97], [HK01, S. 8]. Es beschreibt „*das Grundprinzip, nach dem eine Organisation Werte schafft, vermittelt und erfasst*“ [OP11, S. 18]. Auf diese Weise erklärt es, wie ein Unternehmen „*seinen Kunden Nutzen stiftet und [...] davon überzeugt, für diesen Nutzen Geld zu bezahlen*“ [GFC13, S. 176f.], [LC00, S. 2]. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Definition von GAUSEMEIER ET AL. gefolgt, die auf einer Synthese gängiger Definitionen<sup>13</sup> beruht:

„*Ein Geschäftsmodell ist ein aggregiertes Abbild der Geschäftslogik eines Unternehmens. Es beschreibt, wie ein Unternehmen Werte schafft, die seinen Kunden Nutzen stiften und dazu motivieren, dafür Geld zu zahlen*“ [GKR13, S. 9].

Ein Geschäftsmodell setzt sich aus verschiedenen Bestandteilen zusammen [Sch14, S. 5], die auch als **Geschäftsmodellkomponenten**<sup>14</sup> bezeichnet werden [Wir18, S. 27ff.]. Welche Komponenten ein Geschäftsmodell im Einzelnen umfasst, wird in der Literatur kontrovers diskutiert<sup>15</sup>. GASSMANN ET AL. schlagen beispielsweise die Komponenten *Kunde (Wer?)*, *Nutzenversprechen (Was?)*, *Wertschöpfungskette (Wie?)* und *Ertragsmechanik (Wert?)* vor [GFC13, S. 6]. OSTERWALDER und PIGNEUR führen die Komponenten *Nutzenversprechen*, *Kundensegmente*, *Distributionskanäle*, *Kundenbeziehungen*, *Schlüsselressourcen*, *Schlüsselaktivitäten*, *Schlüsselpartner*, *Kostenmodell* sowie *Ertragsmodell* an und verknüpfen sie zum sog. *Business Model Canvas* [OP11, S. 20ff.]. Die vorliegende Arbeit folgt dem in Bild 2-3 dargestellten Vorschlag von AMSHOFF [Ams16, S. 105f.], der auf der Arbeit von KÖSTER basiert [Kös14, S. 96ff.]. Er umfasst zwölf Komponenten, die zu vier Partialmodellen aggregiert werden: Die Komponenten *Kundensegmente*, *Nutzenversprechen* und *Marktleistung* bilden das *Angebotsmodell*. Das *Kundenmodell* umfasst die Komponenten *Marketingkanäle*, *Kundenbeziehungen* und *Erlös-konzept*. Das *Wertschöpfungsmodell* beinhaltet die Komponenten *Schlüsselaktivitäten*, *Schlüsselressourcen*, *Organisationsform* und *Schlüsselpartner*. Das *Finanzmodell* wird durch die Komponenten *Investitionskosten* und *Betriebskosten* gebildet.

Nach CASADESUS-MASANELL und TARZIÁN kann ein Unternehmen auch mehrere Geschäftsmodelle parallel betreiben [CT12, S. 132ff.]. Dies führt zum Begriff Geschäftsmodellportfolio. Das **Geschäftsmodellportfolio** ist die Gesamtheit aller betriebenen

---

<sup>13</sup> Eine umfassende Übersicht über bestehende Begriffsdefinitionen findet sich u. a. bei [ZAM11, S. 4], [Sch14, S. 3f.], [Wir18, S. 77ff.]. Darüber hinaus führen [Leh14, S. 20ff.], [Ams16, S. 17ff.] sowie [Ech18, S. 12ff.] eine ausführliche Diskussion des Geschäftsmodellbegriffs.

<sup>14</sup> Neben der Bezeichnung Geschäftsmodellkomponente wird auch die Bezeichnung Geschäftsmodell-element verwendet [Sch14, S. 21ff.].

<sup>15</sup> Einen umfangreichen Überblick liefern beispielsweise SCHALLMO [Sch14, S. 21ff.], OSTERWALDER [Ost04, S. 45f.] und WIRTZ [Wir18, S. 37].

Geschäftsmodelle eines Unternehmens<sup>16</sup> [SMR10, S. 2]. AVERSA ET AL. weisen darauf hin, dass sich zwei Geschäftsmodelle maßgeblich in ihrer Art und Weise der Werterzeugung und/oder -abschöpfung unterscheiden müssen, um als verschieden zu gelten<sup>17</sup> [AHR17, S. 49].

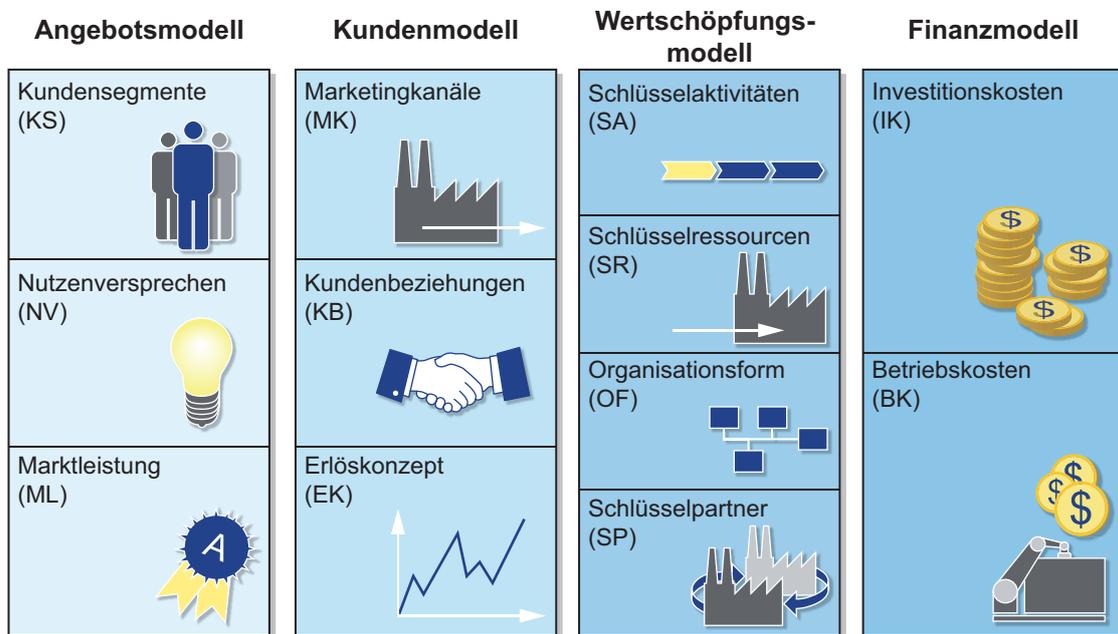


Bild 2-3: Aufbau eines Geschäftsmodells nach [Ams16, S. 160] bzw. [Kös14, S. 97]

Unternehmen sind angesichts der zunehmenden Wettbewerbsintensität und -dynamik gefordert, ständig neue Ideen für Marktleistungen und Geschäftsmodelle zu entwickeln, um ihr Leistungsprogramm und Geschäftsmodellportfolio zu innovieren. Die Begriffe Idee, Invention und Innovation werden nachfolgend erörtert.

#### 2.1.4 Idee, Invention und Innovation

Unter einer **Idee** ist nach VAHS ein Einfall oder Gedanke zur Lösung eines Problems zu verstehen [Vah03, S. 1]. Ein Problem ist im Allgemeinen die Abweichung eines unerwünschten Anfangszustandes von einem erwünschten Zielzustand, wobei die Überführung in den Zielzustand durch Barrieren verhindert wird [Dör79, S. 10], [PBF+07, S. 60], [Lin09, S. 22]. Probleme können unterschiedlicher Natur sein. Beispielsweise kann es sich um technische, wirtschaftliche, organisationale oder soziale Probleme handeln [VB05, S. 1], [PS96, S. 1].

<sup>16</sup> Die Auffassung, dass ein Unternehmen mehrere Geschäftsmodelle parallel betreiben und ein Geschäftsmodellportfolio aktiv managen kann, ist noch relativ jung [AH16, S. 3]. OSTERWALDER und PIGNEUR merken jedoch an, dass das Scheitern vieler Unternehmen gerade darauf zurückzuführen ist, dass sie nur ein Geschäftsmodell verfolgten und keine neuen Geschäftsmodelle in ihr Portfolio aufgenommen haben [OP11, S. 263].

<sup>17</sup> Demzufolge reicht es bspw. nicht aus, wenn sich lediglich die zu Grunde liegende Marktleistung unterscheidet. In diesem Fall würden verschiedene Marktleistungen mit demselben Geschäftsmodell betrieben.

Eine **Invention** ist nach PLESCHAK und SABISCH die erstmalige Realisierung einer neuen Problemlösung [PS96, S. 6], [VB05, S.44]. Sie kann folglich als Umsetzung einer neuartigen Idee angesehen werden [Dis12, S. 19], [VB15, S. 21]. Eine Invention beruht auf neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen oder neuartigen Kombinationen derselben [Bul94, S. 35], wurde jedoch noch nicht wirtschaftlich verwertet [CGM+16, S. 6], [Str07, S. 20f.]. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird sie auch als Erfindung bezeichnet [SLS11, S. 21].

Eine **Innovation** ist im Sinne SCHUMPETERS die erstmalige wirtschaftliche Anwendung einer Invention [Bul94, S. 35], [Sch61, S. 91]. Demnach kann eine Innovation als Invention mit Markterfolg verstanden werden, d.h. sie wurde in den Markt eingeführt und hat dort entsprechende Verbreitung erfahren (Diffusion) [VB15, S. 21], [GDE+19, S. 4]. Die Abgrenzung der Begriffe Idee, Invention und Innovation ist in Bild 2-4 dargestellt.

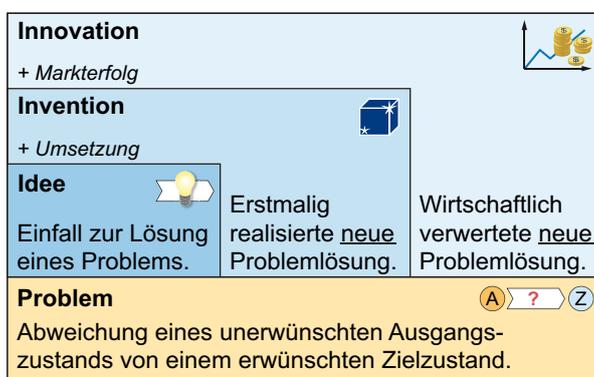


Bild 2-4: Abgrenzung der Begriffe Idee, Invention und Innovation in Anlehnung an [Ech14, S. 11] sowie [Ech18, S. 10]

Innovationen lassen sich unter verschiedenen Gesichtspunkten systematisieren. HAUSCHILDT ET AL. nehmen beispielsweise eine Differenzierung in Dimensionen vor, wobei die inhaltliche, die Intensitäts-, die subjektive, die prozessuale und die normative Dimension unterschieden werden [HSS+16, S. 6ff.]. SPUR führt eine Typologie mit den Ordnungskriterien Bereich, Reichweite, Neuheit, Ursprung und Komplexität an [Spu98, S. 160ff.]. GAUSEMEIER ET AL. schlagen eine Systematisierung anhand der Merkmale Innovationsobjekt, -höhe, -umfang, -verhalten, -ursprung und -ausrichtung vor [GDE+19, S. 30ff.]. Im Sinne der zuletzt genannten Abgrenzung ist im Folgenden insbesondere eine Unterscheidung nach dem Innovationsobjekt und der Innovationshöhe von Relevanz.

Das **Innovationsobjekt** charakterisiert die Art der Innovation. GERPOTT unterscheidet hier zwischen Produkt-, Prozess- und Sozialinnovationen [Ger05, S. 38]. ZAHN und WEIDLER nehmen eine Einteilung in technische, geschäftsbezogene und organisationale Innovationen vor [ZW95, S. 362ff.]. HAUSCHILDT ET AL. differenzieren Produkt-, Prozess-, Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen [HSS+16, S. 6ff.]<sup>18</sup>. Im Rahmen der Arbeit werden anhand der Dimensionen *Gegenstand der Innovation* und *Beschaffenheit des Gegenstands* die folgenden Innovationsobjekte unterschieden (Bild 2-5) [KKJ09, S. 448]:

<sup>18</sup> Weitere Unterscheidungen finden sich beispielsweise bei [Sab91, S. 9], [Ger04, S. 70], [SGK08, S. 17].

- **Produktinnovation:** Sie liegt dann vor, wenn die Eigenschaften des Produktes „wahrnehmbar von einem zu einem vorausgehenden Zeitpunkt existenten Eigenschaftsbündel abweich[en]“ [Bro07, S. 22]. Da Eigenschaften durch Technologien realisiert werden, bilden neue Technologien die Grundlage für Produktinnovationen [GDE+19, S. 8ff.]
- **Dienstleistungsinnovation:** Im Sinne der drei Dienstleistungsdimensionen beruht sie auf einem veränderten bzw. neu gestalteten Prozess, dem Einsatz neuer Fähigkeiten und Ressourcen sowie neuen Resultaten für den Kunden [Opp98, S. 106ff.], [Bur07, S. 75ff.].
- **Geschäftsmodellinnovation:** Darunter ist die „Änderung einer bzw. mehrerer Geschäftsmodellkomponenten oder die Änderung des gesamten Geschäftsmodells und die die erfolgreiche Umsetzung dieser neuartigen Konfiguration am Markt“ zu verstehen [Ams16, S. 20], [GFC13, S. 7], [LM05, S. 898].
- **Produktionsinnovation<sup>19</sup>:** Sie basiert auf Neuerungen oder Verbesserungen im Bereich der Produktionstechnik<sup>20</sup>, der Produktionssteuerung oder des Produktionsmanagements [ESH11, S. 105]. Dabei stehen insbesondere materielle Produktionsfaktoren<sup>21</sup> wie Maschinen und Anlagen, Werkzeuge etc. im Vordergrund.
- **Prozessinnovation:** Sie entsteht durch neue oder optimierte Prozesse, die vorderhand auf administrativen Verfahrensneuerungen basieren [Ger05, S. 38]. Es sind überwiegend immaterielle Produktionsfaktoren wie z.B. die Organisation involviert.

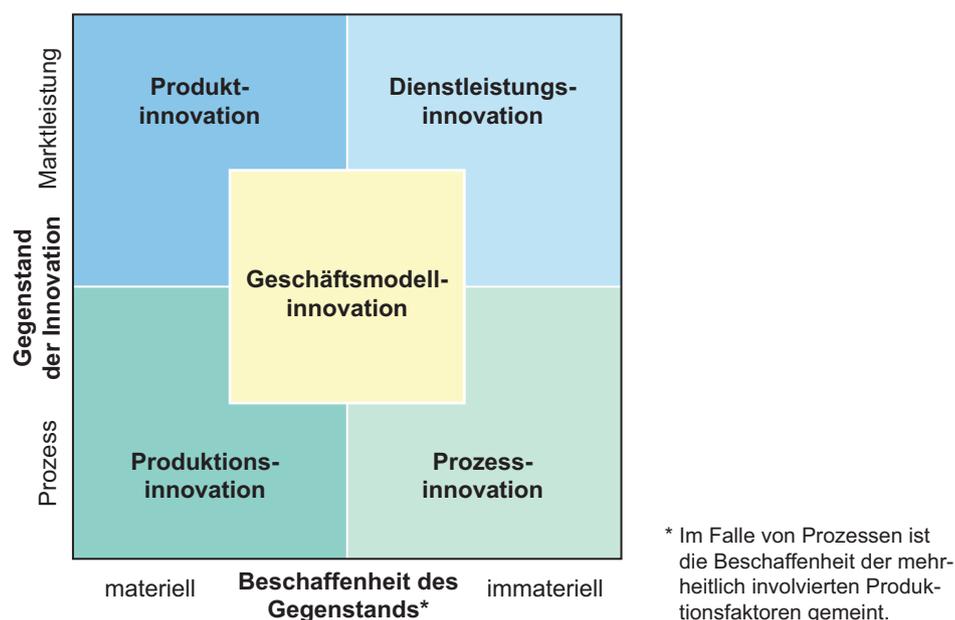


Bild 2-5: Typologie von Innovationen in Anlehnung an [KKJ09, S. 448]

<sup>19</sup> Die Bezeichnung Produktionsinnovation stammt von SPUR und EBER [SE12, S. 9]. In der Literatur werden Produktions- und Prozessinnovationen häufig nicht differenziert betrachtet, sondern unter dem Begriff Prozess- oder Verfahrensinnovation zusammengefasst [Ger05, S. 35].

<sup>20</sup> Die Produktionstechnik umfasst die Fertigungstechnik, Verfahrenstechnik und Energietechnik sowie etwaige Hilfstechiken, wie die Fördertechnik, Handhabungstechnik etc. [ES99, S. 11-1], [FJG14, S. 968].

<sup>21</sup> Die Einteilung von Produktionsfaktoren nach GUTENBERG kann [Gut51, S. 3ff.] entnommen werden.

Die **Innovationshöhe** beschreibt den Neuheitsgrad einer Innovation. Hier existieren verschiedene Dichotomien, die eine graduelle Abstufung erlauben [HSS+16, S. 13]. Gängige Begriffspaare zur Beschreibung der Extrema sind: Inkrementelle und radikale Innovationen [Ger05, S. 41], Folge- und Basisinnovationen [Pfe75, S. 16] oder kontinuierliche und diskontinuierliche Innovationen [AT90, S. 606]<sup>22</sup>. Grundsätzlich ist der Neuheitsgrad einer Innovation umso höher je mehr Bausteine einer Marktleistung oder eines Prozesses neu gestaltet werden und je stärker neue naturwissenschaftlich-technische Erkenntnisse in die Marktleistung oder den Prozess einfließen [Ger05, S. 41]. Führt eine Innovation dazu, dass bestehende Marktleistungen oder Geschäftsmodelle abgelöst bzw. verdrängt werden, wird auch von disruptiven Innovationen gesprochen [BC95, S. 43ff.], [Chr97, S. xvff.]

In der vorliegenden Arbeit geht es vorderhand um Produkt-, Dienstleistungs-, und Geschäftsmodellinnovationen im Kontext der Digitalisierung. Derartigen Innovationen wird oftmals ein hohes Disruptionspotential zugesprochen. Dies erfordert ein einheitliches Verständnis der Begriffe Digitalisierung und digitale Transformation.

### 2.1.5 Digitalisierung und digitale Transformation

Die Digitalisierung ist ein Megatrend des 21. Jahrhunderts [HHS+07, S. 36], [Bor18, S. 2]. Der Begriff wird „*in einer seltenen und nie zuvor erlebten Häufung gebraucht*“ [MBB17, S. 35]. Oftmals wird er undifferenziert verwendet [AAK17, S. 5]. Gleichwohl lassen sich zwei grundsätzliche Bedeutungen unterscheiden [AP16, S. 21]:

Aus **technischer Sicht** bezeichnet der Begriff **Digitalisierung** die Umwandlung analoger Daten in digitale Daten [PMT04, S. 26f.], [Web17, S. 16], [MMB17, S. 35]. Daten sind „*in einer vereinbarten und maschinell interpretierbaren Form dargestellte Informationen*“ [Las06, S. 215]. Analoge Daten werden durch kontinuierliche Funktionen physikalischer Größen repräsentiert. Sie sind zeit- und wertkontinuierlich [Las06, S. 217]. Digitale Daten bestehen aus einem endlichen Zeichenvorrat und sind zeit- und wertdiskret [Sch84, S. 2f.]. Digitale Daten, die ausschließlich aus den Werten „0“ und „1“ bestehen, werden als binäre Daten bezeichnet [BBS+14, S. 211]. Binäre Daten können mit Hilfe von Digitalrechnern (Computer<sup>23</sup>) elektronisch verarbeitet und gespeichert werden. Dazu werden sie über elektronische Bauelemente wie Transistoren<sup>24</sup>, die als elektronische Schalter die Zustände „ein“ oder „aus“ annehmen können, auf Mikroprozessoren oder Speichern abgebildet [BGS06, S. 32]. Die Informationen der realen Welt (Sprache, Farben, Formen etc.) liegen als analoge Daten vor. Sie können mit Hilfe von Messgeräten erfasst und durch kontinuierliche Signale dargestellt werden [BBS+14, S. 210]. Um die Signale elektronisch verarbeiten zu können, müssen sie digitalisiert werden. LEMKE und BRENNER definieren die Digitalisierung daher auch als „*Elektronifizierung von Informationen*“ [LB15, S. 13]. Die

<sup>22</sup> Darüber hinaus finden sich derartige Begriffspaare u.a. bei [Ger04, S. 77], [Men75, S. 69f.], [BE06, S. 65].

<sup>23</sup> Grundsätzlich fallen unter den Begriff Computer auch Analogrechner und Hybridrechner. Diese haben für die kommerzielle Nutzung heutzutage jedoch kaum noch Relevanz.

<sup>24</sup> Frühere Computermodelle funktionierten u.a. mit Relais oder Elektronenröhren [BGS06, S. 21].

Digitalisierung erfolgt technisch mit Hilfe eines Digital-Analog-Wandlers und umfasst gemäß Bild 2-6 drei wesentliche Schritte [MBW10, S. 23ff.], [BBS+14, S. 210f.]:

1. Im Rahmen der *Abtastung* wird das analoge Signal zunächst in ein zeitdiskretes Signal überführt. Dazu werden die Werte des Signals in äquidistanten Zeitabständen erfasst (Sampling)<sup>25</sup>. Es resultiert ein zeitdiskretes, aber noch wertkontinuierliches Signal.
2. Im Zuge der *Quantisierung* wird aus dem wertkontinuierlichen Signal ein wertdiskretes Signal erzeugt. Zu diesem Zweck wird der Wertebereich des analogen Signals in eine endliche Anzahl von Quantisierungsintervallen gegliedert<sup>26</sup>. Es entsteht ein digitales Signal.
3. Beim Schritt der *Codierung* werden die Quantisierungsintervalle binär<sup>27</sup> codiert, d.h. als Sequenz von „0“ und „1“ dargestellt. Es liegt ein Signal vor, das sich von einem Computer verarbeiten und speichern lässt.

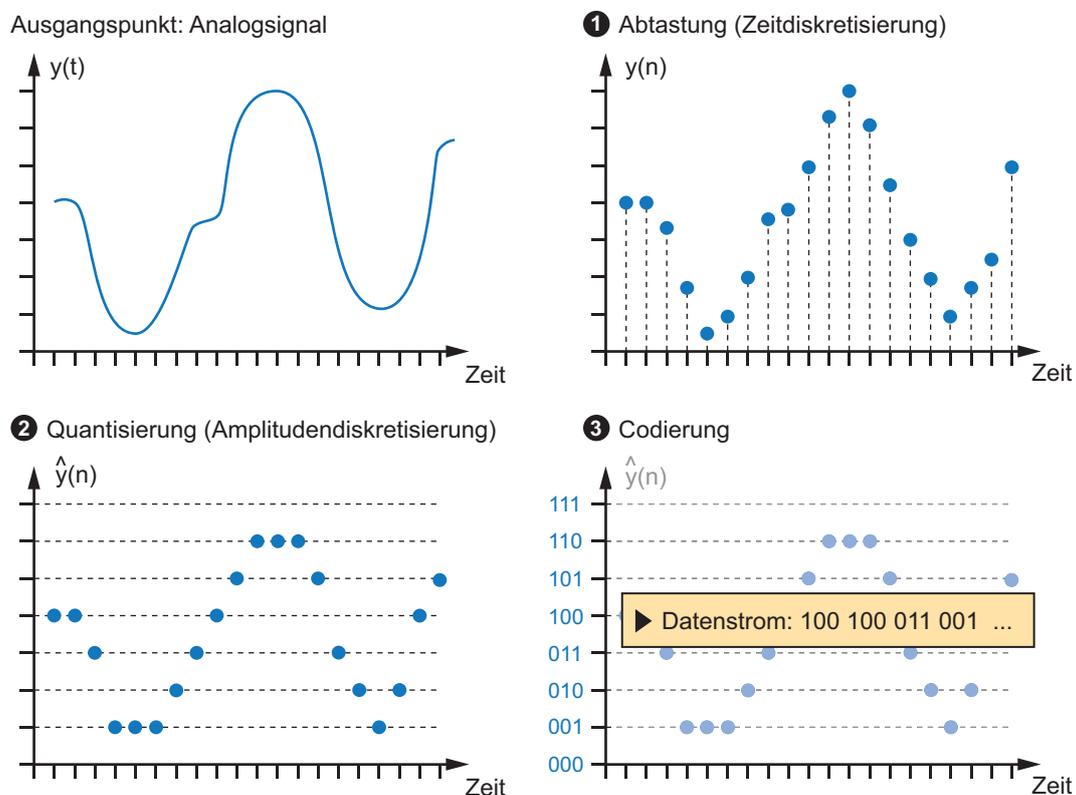


Bild 2-6: Technisches Grundprinzip der Digitalisierung in Anlehnung an [BBS+14, S. 210]

Aus **gesellschaftlicher Sicht** werden unter dem Begriff **Digitalisierung** „alle Veränderungen und deren Ergebnisse in allen Teilen der menschlichen Gesellschaft verstanden,

<sup>25</sup> Entscheidendes Kriterium für die Qualität ist die Abtastfrequenz. Bei einer Abtastfrequenz von 8 kHz wird das Signal beispielsweise alle 125  $\mu$ s abgetastet.

<sup>26</sup> Entscheidendes Kriterium für die Qualität ist die Auflösung. Bei einer Auflösung von 16 Bit werden beispielsweise  $2^{16} = 65.536$  Intervalle unterschieden.

<sup>27</sup> Digitale Daten können auch anders codiert werden. Anstelle des Binärsystems wird beispielsweise auch das Hexadezimalsystem oder das Oktalsystem verwendet [BGS06, S.33].

die durch die verstärkte Anwendung von digitalen Technologien entstehen“ [Lei15, S. 2], [Eck14, S. 263], [Str15, S. 15]. **Digitale Technologien** sind nach STÄHLER solche Technologien, die „die Erfassung, Verknüpfung, Verarbeitung, Speicherung, Darstellung oder Übertragung von Daten<sup>28</sup> und Informationen unterstützen“ [Stä02, S. 160]. Sie werden auch unter dem Oberbegriff Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zusammengefasst [JL13, S. 34], [Loe06, S. 360]. Die gesellschaftliche Sicht basiert somit auf der technischen Sicht bzw. ist die Folge daraus<sup>29</sup>. Sie wird häufig auch als **digitale Transformation** bezeichnet [PwC13, S. 9], [SRK18, S. 22], [BWS18, S. 12].

Die vorliegende Arbeit fokussiert die Sichtweise der digitalen Transformation. Es werden die durch digitale Technologien induzierten Veränderungen aus der Perspektive produzierender Unternehmen betrachtet. Im Fokus stehen Innovationen, die durch die Digitalisierung ermöglicht werden. Um das Handlungsfeld der Digitalisierung abzugrenzen, wird die in Bild 2-5 dargestellte Typologie von Innovationen herangezogen. Demnach werden folgende **Dimensionen der Digitalisierung** unterschieden [EG18c, S. 57f.], [LSB+15]:

- **Digitalisierung von Produkten:** Produktinnovationen auf Basis digitaler Technologien, z.B. autonom fahrende Autos.
- **Digitalisierung von Dienstleistungen:** Dienstleistungsinnovationen, die durch den Einsatz digitaler Technologien realisiert werden, z.B. Predictive Maintenance für Maschinen und Anlagen
- **Digitalisierung von Geschäftsmodellen:** Geschäftsmodellinnovationen, die durch digitale Technologien ermöglicht werden, z.B. Performance-based Contracting.
- **Digitalisierung der Produktion:** Auf digitalen Technologien beruhende Produktionssinnovationen, z.B. Plug and Produce für Maschinen und Anlagen
- **Digitalisierung von Prozessen:** Prozessinnovationen, bei denen digitale Technologien zur Anwendung kommen, z.B. Robot Process Automation (RPA)

Ausgangspunkt der Arbeit bildet die Digitalisierung von Produkten bzw. Produktprogrammen. Da hierdurch häufig Produkt-Service-Systeme bzw. Leistungsprogramme entstehen, die mit Modifikationen des Geschäftsmodells bzw. Geschäftsmodellportfolios einhergehen, wird die Digitalisierung von Dienstleistungen und Geschäftsmodellen gleichermaßen betrachtet.

Angesichts der Vielzahl an und dynamischen Entwicklung von digitalen Technologien (vgl. Abschnitt 2.4.1), bieten sich zahlreiche Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Aus Sicht eines Unternehmens handelt es sich folglich um ein komplexes Problem. Ein Ansatz zur Reduzierung der Komplexität sind Lösungsmuster, die im Rahmen der Marktleistungsentstehung z.B. in Form von Wirkprinzipien oder Innovationsprinzipien Anwendung finden. Die Begriffe werden im Folgenden erläutert.

---

<sup>28</sup> An dieser Stelle sind digitale Daten gemeint. Im Folgenden werden unter dem Begriff Daten immer digitale Daten verstanden, sofern dies nicht anders vermerkt ist.

<sup>29</sup> In der angloamerikanischen Literatur wird für die technische Sicht der Begriff „digitization“ verwendet. Die gesellschaftliche Sicht wird durch den Begriff „digitalization“ zum Ausdruck gebracht [BM17a, S. 46].

## 2.1.6 Lösungsmuster, Wirkprinzip und Innovationsprinzip

Ein **Lösungsmuster** ist nach ALEXANDER eine bewährte Lösung, die für ähnliche Problemstellungen wiederverwendet werden kann [AIS+77, S. x]. BUSCHMANN ET AL. sprechen daher auch von generativen Problem-Lösungs-Paaren [BMR+96, S. 2]. Lösungsmuster abstrahieren vom Einzelfall und berücksichtigen nur die invarianten Teile einer Lösung [Koh07, S. 4], [CV07, S. 139]. In diesem Sinne beschreiben sie die Urform einer Lösung, aus der sich alle konkreten Lösungen ableiten lassen [Bun09, S. 21]. Die Ableitung geschieht durch individuelle Ausprägung und Anpassung eines Musters an die Rahmenbedingungen einer Problemstellung [Suh93, S. 6], [Alt73, S. 132]. Aufgrund des hohen Abstraktionsgrads verbleiben kreative Freiräume bei der Ausprägung, sodass musterbasierte Problemlösungen sehr unterschiedlich ausgestaltet sein können, ohne jedoch ihren gemeinsamen Kern zu verlieren [AIS+88, S. xiiif.], [Dei09, S. 103]. Unter Anwendung von Lösungsmustern ist es folglich möglich, auch solche Personen zur effizienten Problemlösung zu befähigen, die keine Experten auf einem bestimmten Wissensgebiet sind [Koh07, S. 2ff.].

Ein **Wirkprinzip** ist im Sinne von PAHL und BEITZ ein Lösungsmuster, das den Zusammenhang „von physikalischem Effekt sowie geometrischen und stofflichen Merkmalen (Wirkgeometrie, Wirkbewegung und Werkstoff)“ beschreibt [PBF+07, S. 54]. GAUSEMEIER ET AL. unterscheiden im Kontext der Produktentwicklung gemäß Bild 2-7 Wirkprinzipien und Muster der Informationsverarbeitung. Wirkprinzipien beziehen sich auf die klassischen Disziplinen Mechanik (z.B. Hebeleffekt) und Elektrotechnik (z.B. Lorentzkraft). Muster der Informationsverarbeitung entstammen den Disziplinen Softwaretechnik (z.B. Adapter) und Regelungstechnik (z.B. Luenberger-Beobachter). Darüber hinaus zählen Muster der Selbstoptimierung (z.B. Probabilistische Planung) zu dieser Kategorie [GHK+06, S. 372], [GAC+13, S. 24]. In Hinblick auf die Digitalisierung sind insbesondere die Muster der Informationsverarbeitung relevant, wobei diese in erster Linie die technische Sichtweise der Digitalisierung adressieren.

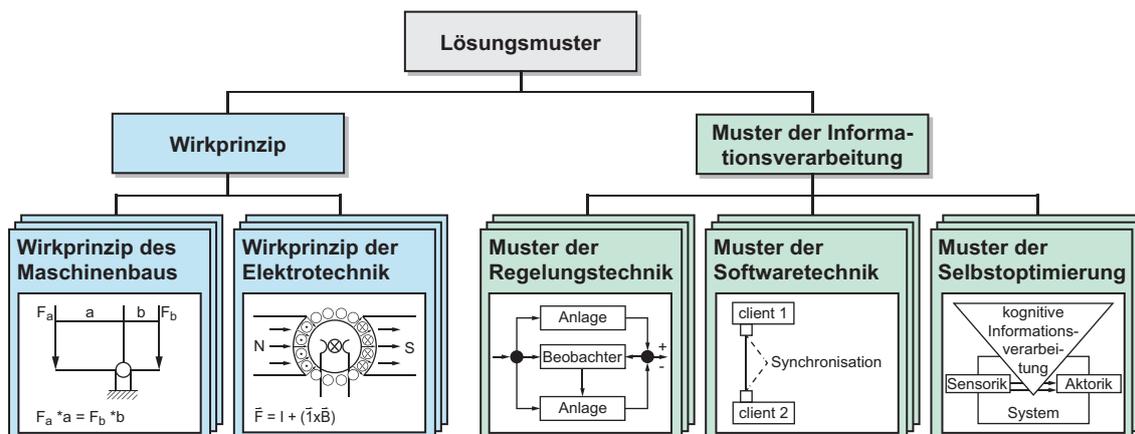


Bild 2-7: Klassifikation von Lösungsmustern in der Produktentwicklung nach [GHK+06, S. 372] sowie [GAC+13, S. 24]

Ein **Innovationsprinzip** ist nach ALTSCHULLER ein Lösungsmuster, das „Empfehlungen für die Veränderung technischer Systeme“ enthält [GS13, S. 274]. Innovationsprinzipien unterstützen bei der Generierung neuer Ideen und zeigen Möglichkeiten auf, um Produkte zu innovieren [Adu16, S. 680f.]. Im Rahmen der TRIZ-Systematik (vgl. Abschnitt 3.3.1) bezeichnet ein Innovationsprinzip einen Ansatz zur Auflösung eines technischen Widerspruchs<sup>30</sup> [Alt73, S. 132], [TZZ98, S. 124]. Dieser liegt vor, wenn die Erfüllung einer Anforderung gleichzeitig zur Nichterfüllung einer anderen Anforderung führt [GEK01, S. 134]. Beispiele für Innovationsprinzipien nach ALTSCHULLER sind das Prinzip Nr. 4 *Nutze Asymmetrie (Nr. 4)* und *Kehre Funktion um (Nr. 13)* [GS13, S. 274f.], [Alt73, S. 133ff.]. Im Vergleich zu Wirkprinzipien bzw. Mustern der Informationsverarbeitung beschreiben Innovationsprinzipien somit weniger physikalisch-technische Funktionsprinzipien, sondern vielmehr bewährte Handlungsempfehlungen zur Modifikation technischer Systeme. Folglich finden Innovationsprinzipien insbesondere in der Ideenfindung Anwendung [EGB+03, S. 151].

In der vorliegenden Arbeit stehen Lösungsmuster zur Digitalisierung von Produkten im Fokus, wobei sich im Zuge der Digitalisierung auch neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle ergeben können. Da insbesondere die gesellschaftliche Sichtweise der Digitalisierung adressiert wird – d.h. durch digitale Technologien induzierte Innovationen – wird im Rahmen der zu entwickelnden Systematik der Begriff Innovationsprinzipien verwendet. Im Kern geht es um Prinzipien, die bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten aufzeigen.

## 2.2 Prozess der Marktleistungsentstehung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen. Die Systematik findet Anwendung im Rahmen der Entstehung industrieller Marktleistungen. Vor diesem Hintergrund wird die Systematik in Abschnitt 2.2.1 zunächst in das Referenzmodell der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER eingeordnet. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 2.2.2 die Gestaltung von Produktprogrammen als wesentliche Aufgabe der Produktstrategie diskutiert.

### 2.2.1 Referenzmodell der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER

Der Prozess der Marktleistungsentstehung erstreckt sich von der Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum Serienanlauf (Start of Production – SOP) [GP14, S. 25]. Dabei ist der Prozess nicht als stringente Folge von Phasen und Meilensteinen zu verstehen. Vielmehr handelt es sich um ein Wechselspiel von Aufgaben, die sich gemäß Bild 2-8 in vier Zyklen gliedern lassen [GEA16, S. 13ff.], [GDE+19, S. 89ff.].

---

<sup>30</sup> Im Rahmen der Arbeit unterliegt der Begriff Innovationsprinzip dieser Einschränkung nicht.

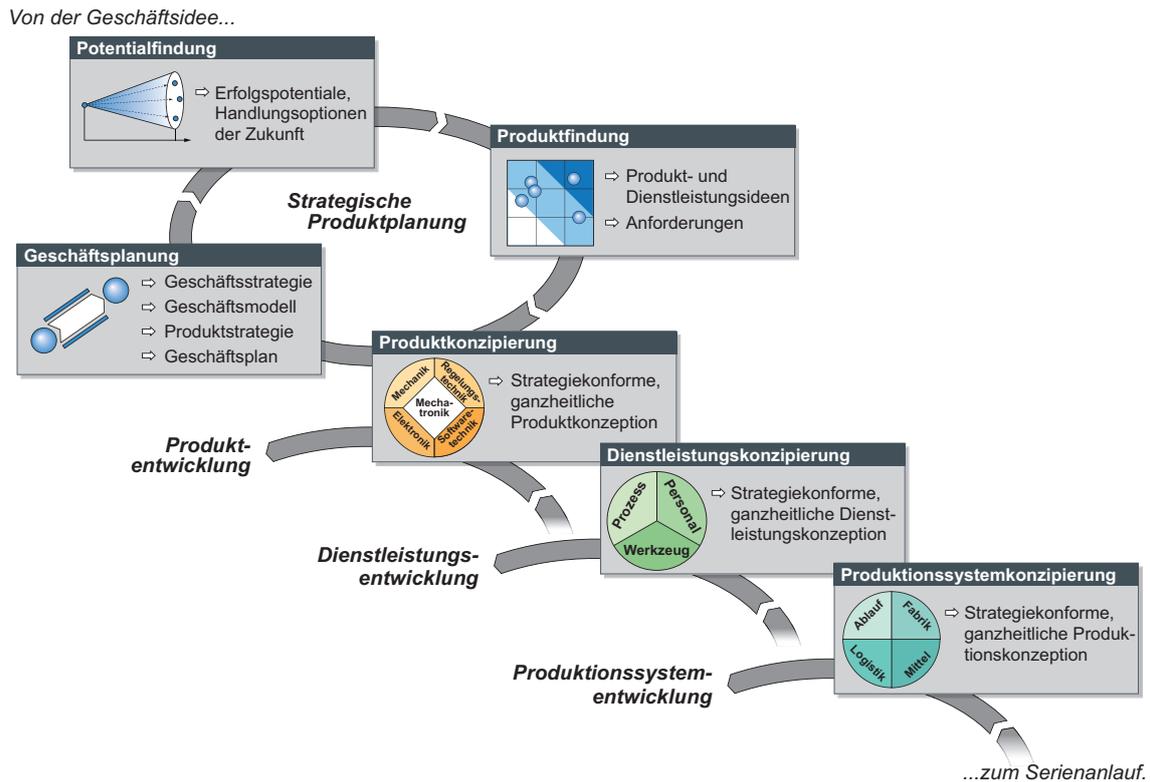


Bild 2-8: Referenzmodell der Strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen (die drei Entwicklungszyklen sind angedeutet) [GEA16, S. 14]

**Erster Zyklus – Strategische Produktplanung:** Dieser Zyklus charakterisiert das Vorgehen vom Finden der Erfolgspotentiale der Zukunft bis zur Erfolg versprechenden Produktkonzeption – der sog. Prinziplösung. Er umfasst die Aufgabenbereiche Potentialfindung, Produktfindung und Geschäftsplanung. Ziel der Potentialfindung ist das Erkennen der Erfolgspotentiale der Zukunft sowie die Ermittlung entsprechender Handlungsoptionen. Gegenstand der Produktfindung ist die Suche und Auswahl neuer Produkt- und Dienstleistungsideen zur Erschließung der Erfolgspotentiale. Die Geschäftsplanung befasst sich mit der Erstellung einer Geschäftsstrategie und damit verbunden mit der Entwicklung eines Geschäftsmodells und einer Produktstrategie. Letztere befasst sich im Wesentlichen mit der Gestaltung und Pflege des Produktprogramms. Mittels eines Geschäftsplans wird schließlich der Nachweis erbracht, ob mit der neuen Marktleistung ein attraktiver Return on Investment (RoI) zu erzielen ist [GDE+19, S. 90], [GP14, S.25].

**Zweiter Zyklus – Produktentwicklung:** Dieser umfasst die fachgebietsübergreifende Produktkonzipierung, den Entwurf und die entsprechende Ausarbeitung in den jeweiligen Fachgebieten sowie die Integration der Ergebnisse der einzelnen Fachdisziplinen zu einer Gesamtlösung. Von besonderer Bedeutung ist die Bildung und Analyse von rechnerinternen Modellen, weshalb sich der Begriff „Virtual Product“ bzw. „Virtual Prototyping“ etabliert hat. Die Produktkonzipierung bildet das Bindeglied von Strategischer Produktplanung und Produktentwicklung [GDE+19, S. 90], [GP14, S.26].

**Dritter Zyklus – Dienstleistungsentwicklung:** Ziel ist die Umsetzung einer Dienstleistungsidee in eine Marktleistung. Hierzu werden die Aufgaben Dienstleistungskonzipierung, Dienstleistungsplanung und Dienstleistungsintegration im Wechselspiel bearbeitet. Aufgabe der Dienstleistungskonzipierung ist die integrative Spezifikation der Aspekte Prozess, Personal und Werkzeug. In der Dienstleistungsplanung werden die Aspekte weiter konkretisiert. Im Rahmen der Dienstleistungsintegration erfolgt die Überführung in eine Gesamtlösung [GDE+19, S. 91f.], [GEA16, S. 14].

**Vierter Zyklus – Produktionssystementwicklung:** Den Ausgangspunkt bildet die Konzipierung des Produktionssystems. Dabei werden die vier Aspekte Arbeitsablaufplanung, Arbeitsmittelplanung, Arbeitsstättenplanung und Produktionslogistik (Schwerpunkt: Materialflussplanung) integrativ betrachtet. Diese vier Aspekte sind im weiteren Verlauf zu konkretisieren und zu einer Gesamtlösung zu integrieren. Analog zum zweiten Zyklus werden hier ebenfalls rechnerinterne Modelle gebildet und analysiert. Dafür stehen die Begriffe „Virtuelle Produktion“ bzw. „Digitale Fabrik“ [GDE+19, S. 92], [GP14, S. 26].

**Einordnung der Arbeit:** Kern der Arbeit ist die strategische Planung von Produktprogrammen im Kontext der Digitalisierung. Die angestrebte Systematik ist daher in den ersten Zyklus des Marktleistungsentstehungsprozesses einzuordnen. Im Kontext der Potentialfindung gilt es, die Erfolgspotentiale der Digitalisierung zu identifizieren und entsprechende Handlungsoptionen abzuleiten. In der Produktfindung sind konkrete Ideen zur Digitalisierung des Produktprogramms zu generieren. In der Geschäftsplanung steht die Produktstrategie im Fokus, die die Weiterentwicklung des Produktprogramms adressiert (vgl. Abschnitt 2.2.2). Da die Digitalisierung oftmals auch zu neuen Geschäftsmodellen führt, ist die Geschäftsmodellentwicklung ebenfalls zu betrachten. Im Rahmen der Produkt- bzw. Dienstleistungskonzipierung sind Optionen zur Digitalisierung des Produktprogramms zu spezifizieren.

### 2.2.2 Programmgestaltung als Aufgabe der Produktstrategie

Die Gestaltung des Produktprogramms erfolgt gemäß des vorgestellten Referenzmodells im Rahmen der Produktstrategieentwicklung [GP14, S. 25]. Nach BEBIÉ wird in der Produktstrategie beschrieben, „*welche im Programm geführten Produktgruppen in Zukunft beibehalten und mit welcher Intensität und in welche Richtung sie entwickelt werden sollen, welche Produktgruppen aufgegeben werden sollen [...], welche Produktgruppen neu ins Programm aufzunehmen sind [...] und wie Produkte zu positionieren sind*“ [Beb78, S. 520]. GAUSEMEIER ET AL. gliedern eine Produktstrategie nach Bild 2-9 in drei übergeordnete Handlungsfelder [GDE+19, S. 315ff.], [EDG17, S. 71ff.]:

**Differenzierung im Wettbewerb:** Aufgabe ist die initiale Positionierung des Produktes am Markt, mit dem Ziel eine einmalige Wettbewerbsposition einzunehmen (vgl. Abschnitt 2.1.1). Es ist festzulegen, über welche Eigenschaften bzw. Produktfeatures es verfügen soll und wie das Produktprogramm entlang der unterschiedlichen Hierarchieebenen strukturiert sein soll (vgl. Abschnitt 2.1.2).

**Bewältigung der Variantenvielfalt:** Gegenstand ist die Gestaltung der Produktarchitektur, um die definierten Produktvarianten wirtschaftlich anbieten zu können. Hierbei bietet sich der Rückgriff auf Produktstrukturstrategien wie Baukästen, Module, Baureihen, Pakete oder Plattformen an [SLN+12, S. 133ff.], [PBF+07, S. 629ff.], [KG18, S. 127ff.]. Darüber hinaus ist festzulegen, wie mit bestehenden Produktvarianten verfahren werden soll.

**Erhaltung des Wettbewerbsvorsprungs:** Kern ist die Planung der Produktevolution, d.h. der Weiterentwicklung des Produktprogramms über den Lebenszyklus. Im Allgemeinen ergeben sich drei Möglichkeiten zur Produktwertsteigerung: (1) Integration neuer bzw. verbesserter Produktfeatures, (2) Entwicklung produktergänzender Dienstleistungen bis hin zu hybriden Leistungsbündeln sowie (3) Weiterentwicklung des bestehenden Geschäftsmodells bzw. Entwicklung neuer Geschäftsmodelle [GDE+19, S. 327]. Die Planung der Produktevolution erfolgt typischerweise in Produktgenerationen [ABW15, S. 4ff.] und wird in Produktplänen bzw. Produkt-Roadmaps dokumentiert [Küh16, S. 28], [Lin08, S. 17f.].



Bild 2-9: Referenzmodell der Produktstrategie nach [GDE+19, S. 316]

**Fazit:** Die Gestaltung von Produktprogrammen umfasst mit der Produktpositionierung, Produktarchitekturgestaltung und Produktevolutionsplanung drei zentrale Aufgaben. Im Rahmen der Arbeit wird von einem bestehenden Produktprogramm ausgegangen, das im Kontext der Digitalisierung weiterentwickelt werden soll. Im Fokus steht daher die Produktevolutionsplanung, d.h. die Integration neuer digitaler Produktfeatures in das Produktprogramm bzw. die Entwicklung neuer digitaler Dienstleistungen oder Geschäftsmodelle. Selbstredend führt dies auch zu einer veränderten Produktpositionierung. Zusätzlich gilt es die Erzeugung neuer Produktvarianten zu minimieren, um eine wirtschaftliche Bewältigung der Variantenvielfalt zu gewährleisten. Die bestehende Produktgenerationsplanung eines Unternehmens ist zu berücksichtigen.

## 2.3 Wandel der industriellen Produktion durch die Digitalisierung

Die industrielle Produktion ist seit jeher einem Wandel unterworfen. Häufig war dieser Wandel so stark, dass er im Nachhinein als Revolution bezeichnet wurde [GP14, S. 3]. Nach der Mechanisierung, Elektrifizierung und Automatisierung steht die industrielle Produktion gegenwärtig vor einem erneuten Wandel, der auch als **vierte industrielle Revolution** oder **Industrie 4.0**<sup>31</sup> bezeichnet wird. Zentraler Treiber dieses Wandels ist die Digitalisierung [KWH13, S. 17f.], [BSM+14, S. 9f.], [Bau17, S. 1ff.], [GDJ+14, S. 4f.].

Die Digitalisierung führt sowohl zu Veränderungen der Marktleistungen und Geschäftsmodelle produzierender Unternehmen (Angebotssicht), als auch zu Veränderungen der Leistungserstellung (Wertschöpfungssicht) (vgl. Abschnitt 2.1.5). In der vorliegenden Arbeit wird die erste Sichtweise fokussiert, wobei die Änderungen ausgehend vom Produkt als klassisches Erzeugnis produzierender Unternehmen betrachtet werden.

Die Produkte produzierender Unternehmen werden sich zukünftig radikal verändern, indem sie u.a. mit Intelligenz ausgestattet und untereinander vernetzt werden. Darüber hinaus entstehen rund um die Produkte völlig neue Marktleistungskonzepte wie datenbasierte Dienstleistungen, die vielfältige Potentiale für neuartige Geschäftsmodelle eröffnen und die bestehende Geschäftslogik aufbrechen. Der Wandel der Produktwelt im Kontext der Digitalisierung wird im nachfolgenden Abschnitt 2.3.1 beschrieben. Der Wandel der Geschäftswelt ist Gegenstand von Abschnitt 2.3.2.

### 2.3.1 Wandel der Produktwelt

Die Produkte des digitalen Zeitalters sind vielfältig und zeichnen sich durch unterschiedliche Digitalisierungsgrade aus [CS13, S. 45f.]. NOLL ET AL. sprechen in diesem Zusammenhang von einem Kontinuum an Produkten, das durch die beiden Extrema „Physische Produkte“ und „Digitale Produkte“ aufgespannt wird (Bild 2-10) [NZN+16, S. 10ff.], [Pla18, S. 68f.]. „Physische Produkte“ sind materiell und besitzen keinen digitalen Anteil. Ein Beispiel sind Mechanik-zentrierte Systeme [PL11, S. 11]. „Digitale Produkte“ sind hingegen immateriell und rein digital. Zu dieser Produktart zählt beispielsweise Anwendungssoftware [Ste04, S. 237].



Bild 2-10: Kontinuum der Produkte des digitalen Zeitalters [NZN+16, S. 11]

<sup>31</sup> Für eine tiefergehende Erläuterung des Paradigmas Industrie 4.0 siehe u.a. [KWH13], [GP14], [Rei17], [VBT17].

Ein Großteil der heutigen Produkte weist sowohl physische als auch digitale Bestandteile auf und bewegt sich in Abhängigkeit des dominierenden Anteils zwischen den beiden Extrema. RIGBY und TAGER bezeichnen derartige Produkte auch als „Digitals“ [RT14, S. 1]. APPELFELLER und FELDMAN verwenden die Bezeichnung „digitalisierte Produkte“ [AF18, S. 7].

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf digitalisierten Produkten. Im Kontext der industriellen Produktion stehen mechatronische Systeme im Vordergrund, die im digitalen Zeitalter eine Weiterentwicklung zu Intelligenten Technischen Systemen (ITS), Cyber-Physischen Systemen (CPS) sowie Smart Products erfahren [GD18, S. 7ff.]. Der Innovationssprung von mechatronischen Systemen über Intelligente Technische Systeme hin zu Cyber-Physischen Systemen und Smart Products wird nachfolgend beschrieben.

### 2.3.1.1 Mechatronische Systeme

Der Begriff Mechatronik ist ein Kunstwort aus Mechanik und Elektronik [VDI2206, S. 3], das 1969 von TETSURO MORI, einem Ingenieur der japanischen YASKAWA ELECTRIC CORPORATION geprägt wurde [Yas18-01]. Ursprünglich bezeichnete er die Erweiterung mechanischer Systeme um elektronische Funktionen. Mit dem Aufkommen der Mikroelektronik kam die Informationstechnik als weiterer Bestandteil der Mechatronik hinzu [HTF96, S. 1]. Die VDI-Richtlinie 2206 definiert den Begriff auf Basis der Arbeiten von HARASHIMA, TOMIZUKA und FUKUDA wie folgt [VDI2206, S. 14], [HTF96, S. 1]:

*„Mechatronik bezeichnet das synergetische Zusammenwirken der Fachdisziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik beim Entwurf und der Herstellung industrieller Erzeugnisse sowie bei der Prozessgestaltung.“*

Der Aufbau eines **mechatronischen Systems** ist in Bild 2-11 dargestellt. Es besteht aus einem Grundsystem, Sensoren, Aktoren und einer Informationsverarbeitung. Das **Grundsystem** basiert auf einer mechanischen, elektromechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Struktur bzw. einer Kombination aus diesen und bildet das physikalische System. Mit Hilfe der **Sensoren** werden ausgewählte Zustandsgrößen des Grundsystems bestimmt [VDI2206, S. 14]. Sensoren werden heute oftmals mit weiteren Funktionseinheiten wie Analog/Digital-Umsetzern und Mikroprozessoren zu „intelligenten Sensoren“ räumlich integriert. Diese messen analoge physikalische Größen, digitalisieren die gemessenen Werte (vgl. Abschnitt 2.1.5) und übertragen die Signale in angepasster Form an die Informationsverarbeitung [GEK01, S. 31]. Die **Informationsverarbeitung** bestimmt die Einwirkungen, die zur gewünschten Beeinflussung der Zustandsgrößen des Grundsystems erforderlich sind. Aufgabe der **Aktoren** ist die Umsetzung der Einwirkungen am Grundsystem, sodass die Zustandsgrößen in gewünschter Weise beeinflusst werden [VDI2206, S. 15]. Ebenso wie bei Sensoren erfolgt auch bei Aktoren eine Integration mit weiteren Funktionseinheiten wie Digital/Analog-Umsetzern und Anpassungs- und

Verstärkerschaltungen. Diese „intelligenten Aktoren“ werden direkt durch digitale Signale der Informationsverarbeitung angesteuert. Die Signale werden in analoge Größen umgewandelt, verstärkt und dienen dann der Erzeugung von Bewegungen oder dem Aufbringen von Kräften [GEK01, S. 31].

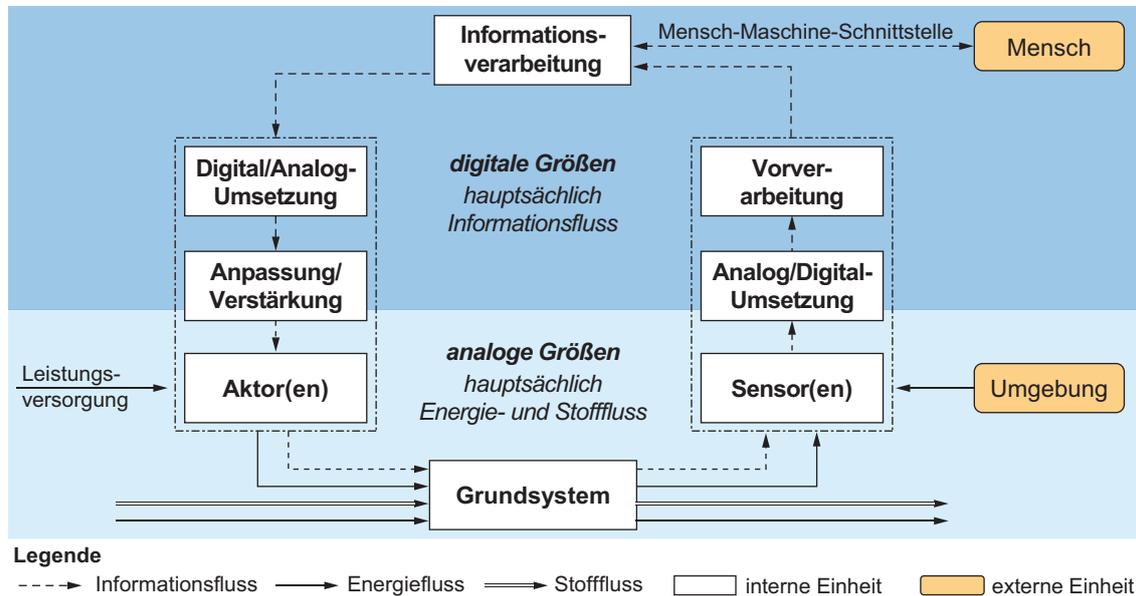


Bild 2-11: Grundstruktur eines mechatronischen Systems [VDI2206, S. 14], [GEK01, S. 32]

Grundsystem, Sensoren, Informationsverarbeitung und Aktoren sind über Flüsse miteinander verknüpft, wobei sich nach PAHL und BEITZ drei Arten von Flüssen unterscheiden lassen [PBF+13, S. 241], [Wes17, S. 8]:

- **Stoffflüsse** beschreiben den Austausch von Flüssigkeiten, Gasen oder festen Körpern zwischen Einheiten mechatronischer Systeme, z.B. Kühlmittel
- **Energieflüsse** kennzeichnen die Übertragung von mechanischer, thermischer, elektrischer, chemischer oder optischer Energie, z.B. elektrischer Strom.
- **Informationsflüsse** bilden Informationen ab, die zwischen Einheiten mechatronischer Systeme ausgetauscht werden, z.B. Steuerimpulse.

Darüber hinaus verfügen mechatronische Systeme in der Regel über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle, über die der Mensch Einfluss auf das System nehmen kann. Zusätzlich ist die Umgebung, in der das System betrieben wird, von Bedeutung [VDI2206, S. 14ff.].

### 2.3.1.2 Intelligente Technische Systeme

Der Wandel von mechatronischen Systemen zu Intelligenten Technischen Systemen ergibt sich in erster Linie durch die Art der Informationsverarbeitung [GAC+13, S. 15]. Mechatronische Systeme verfügen über eine starre Kopplung zwischen Sensorik und Aktorik. Sie besitzen eine regelnde Informationsverarbeitung, die es ermöglicht, anhand fester Vorgaben auf äußere Einflüsse zu reagieren. **Intelligente Technische Systeme** kön-

nen diese Kopplung gezielt modifizieren [GTD13, S. 50], indem die regelnde Informationsverarbeitung durch das in Bild 2-12 dargestellte 3-Schichtenmodell aus der Kognitions- und Informationswissenschaft ersetzt wird [Str98, S. 96ff.].

Die unterste Ebene des Schichtenmodells enthält die **nicht-kognitive Regulierung**, die im Wesentlichen der regelnden Informationsverarbeitung entspricht. Auf dieser Ebene findet kein Lernprozess statt. Sie ist jedoch weiterhin erforderlich, da die meisten Systemfunktionen aus Gründen der Sicherheit reaktiv und reflexartig ablaufen müssen [GAC+13, S. 15]. Auf der mittleren Ebene, der **assoziativen Regulierung**, ist das System u.a. durch Reiz-Reaktions-Mechanismen und Konditionierung lernfähig. Die oberste Schicht ist die **kognitive Regulierung**. Sie weist typische Funktionen der künstlichen Intelligenz wie Zielmanagement, Planung und Handlungssteuerung auf [GEA16, S. 10]. Durch die kognitive Informationsverarbeitung besitzen Intelligente Technische Systeme Verhaltensweisen und Funktionen, die bislang biologischen Systemen vorbehalten waren [Wes17, S. 10].

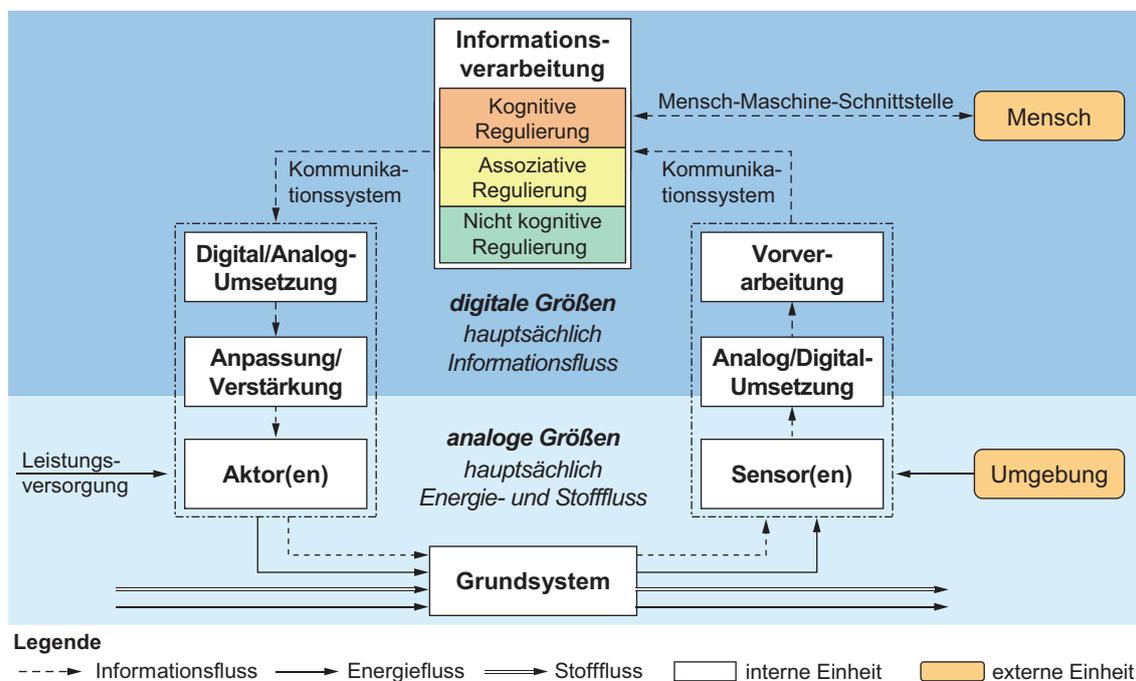


Bild 2-12: Informationsverarbeitung in Intelligenten Technischen Systemen auf Basis des 3-Schichtenmodells in Anlehnung an [GAC+13, S. 17]

### 2.3.1.3 Cyber-Physische Systeme

Cyber-Physische Systeme entstehen, wenn Intelligente Technische Systeme miteinander kommunizieren und kooperieren (Bild 2-13) [GDE+19, S. 86]. Sie resultieren aus der Verknüpfung der physikalischen Welt mit der digitalen Welt (dem sog. „Cyberspace“) und beruhen auf zwei wesentlichen Technologiefeldern der Digitalisierung [Bro10, S. 24]. Dazu zählen auf der einen Seite eingebettete Systeme als Basistechnologie, d.h. kleine, hochleistungsfähige Rechner, die in unterschiedliche (Teil-)Systeme integriert werden und die Informationsverarbeitung realisieren. Auf der anderen Seite handelt es sich um

globale Datennetze wie das Internet, über die die Kommunikation zwischen den Systemen erfolgt [aca11, S. 10]. Analog zum Internet der Menschen wird in diesem Zusammenhang auch von einem **Internet der Dinge, Daten und Dienste** gesprochen, in dem die Objekte der physischen Welt miteinander vernetzt sind und ihre Daten für darauf aufbauende Dienste bereitstellen [KWH13, S. 18], [GP14, S. 5].

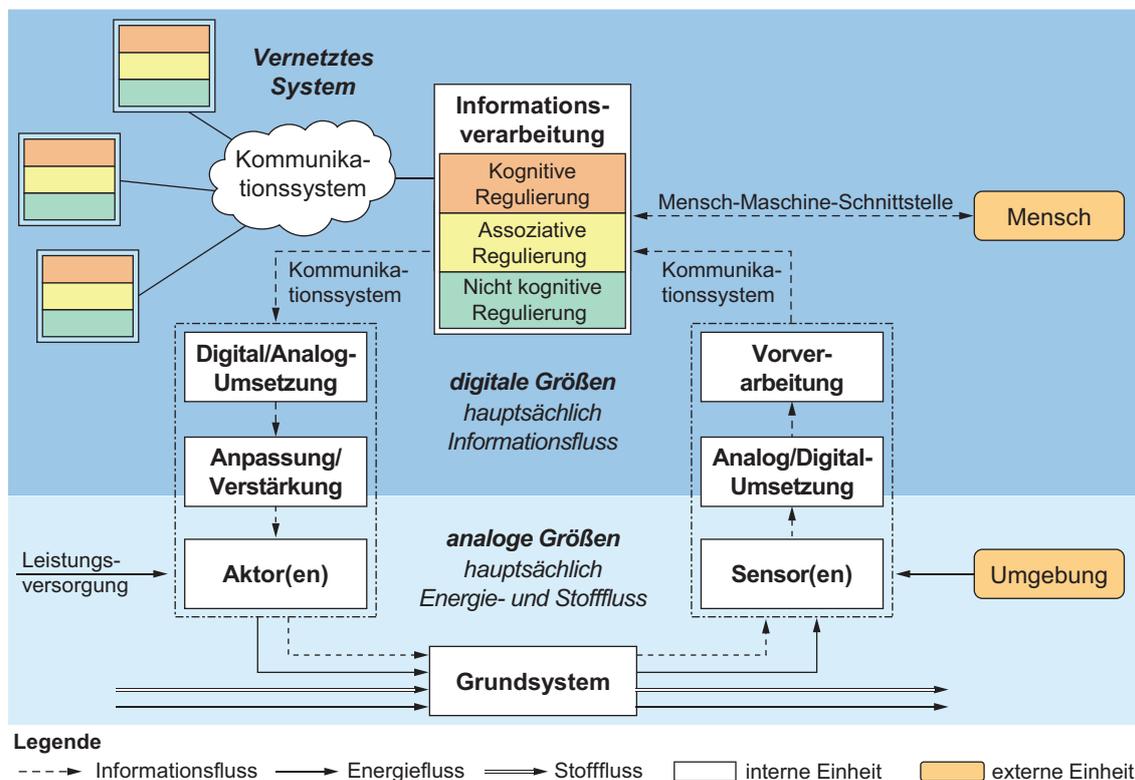


Bild 2-13: Vernetzung von Intelligenten Technischen Systemen zu Cyber-Physischen Systemen in Anlehnung an [GDE+19, S. 87]

Eine umfassende Diskussion des Begriffs findet sich bei WESTERMANN [Wes17, S. 11ff.]. Basierend auf einschlägigen Definitionen [Lee08, S. 1], [Bro10, S. 17], [GB12, S. 22], definiert er **Cyber-Physische Systeme** als „technische Systeme, die...

- ... aus einem physikalischen **Grundsystem** bestehen [...],
- ... durch **Sensoren** unmittelbar physikalische Daten erfassen und mit **Aktoren** auf physikalische Vorgänge einwirken,
- ... mittels **Informationsverarbeitung** Daten auswerten und speichern sowie auf dieser Grundlage aktiv oder reaktiv mit der physikalischen und der digitalen Welt interagieren,
- ... durch **Kommunikationssysteme** untereinander verbunden sind, und zwar sowohl drahtlos als auch drahtgebunden, sowohl lokal als auch global,
- ... weltweit verfügbare **Daten** und **Dienste** nutzen,
- ... über eine Reihe multimodaler Mensch-Maschine-Schnittstellen (**HMI**) verfügen, also für Kommunikation und Steuerung differenzierte und dedizierte Möglichkeiten bereitstellen.“

#### 2.3.1.4 Smart Products

Das Konzept Cyber-Physische Systeme bildet die Grundlage für eine Vielzahl an Anwendungen, die alle mit dem Wort „Smart“ beginnen. Vernetzte Systeme in der Fabrik werden beispielsweise als *Smart Factory*, Anwendungen in der Mobilität als *Smart Mobility* und Applikationen im Gesundheitswesen als *Smart Health* bezeichnet [GDE+19, S. 86].

Im Kontext von Produkten wird auch von Smart Products gesprochen [RH09, S. 24ff.], [YBL12, S. 1399], [SD16, S. 5]. PORTER und HEPPELMANN definieren **Smart Products** im Einklang mit der Definition Cyber-Physischer Systeme als intelligente, vernetzte Produkte [PH14, S. 39ff.]. ABRAMOVICI versteht Smart Products als „*Cyber-Physische Systeme, die um intelligente, Internet-basierte Dienste, so genannte smarte Services, ergänzt werden*“ und deklariert sie als nächste Evolutionsstufe digitalisierter Produkte [Abr18, S. 4]. In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff Smart Products<sup>32</sup> synonym zum Begriff Cyber-Physische Systeme, aber getrennt vom Begriff Smart Services betrachtet (vgl. Abschnitt 2.3.2.2). Smart Products bzw. Cyber-physische Systeme bilden zwar die Grundlage für Smart Services, können aber auch ohne diese am Markt angeboten werden. Auf der anderen Seite setzen Smart Services Smart Products bzw. Cyber-physische Systeme zwingend voraus, stellen jedoch eigenständige Marktleistungen dar.

**Fazit:** Herkömmliche Produkte entwickeln sich im Zeitalter der Digitalisierung zu smarten Produkten, die eine inhärente Intelligenz aufweisen und ihre vormals festen Systemgrenzen durch die Vernetzung mit anderen Produkten flexibel adaptieren können. Dies eröffnet faszinierende Möglichkeiten für Produktinnovationen. Es werden Produktfeatures ermöglicht, die weit über die bisher bekannten Produkteigenschaften hinausgehen. Unternehmen sind gefordert, ihre bestehenden Produkte zu smarten Produkten weiterzuentwickeln, um mit dem technischen Fortschritt Schritt zu halten und ihre angestammte Wettbewerbsposition zu verteidigen bzw. auszubauen.

#### 2.3.2 Wandel der Geschäftswelt

Digitalisierte Produkte weisen neuartige Features auf, die sich durch die beschriebene Technologiekonzeption ergeben. Darüber hinaus verändern sie jedoch auch die Geschäftslogik ganzer Branchen und Märkte, indem sie Träger digitaler Plattformen sein können, Smart Services ermöglichen und digitale Ökosystemen erzeugen. Diese neuen Marktleistungskonzepte sind eng miteinander verknüpft und bauen in Teilen aufeinander auf. So bilden digitale Plattformen in Kombination mit digitalisierten Produkten die Voraussetzung für Smart Services. Smart Services stellen wiederum mit digitalen Plattformen und digitalisierten Produkten die Grundlage für digitale Ökosysteme dar. Im Folgenden werden die drei Marktleistungskonzepte, die darauf basierenden Geschäftsmodelle sowie der damit einhergehende Wandel erläutert.

---

<sup>32</sup> Weitere Definitionen des Begriffs Smart Product liefern beispielsweise MÜHLHÄUSER [Müh08, S. 163] oder das SMART PRODUCT CONSORTIUM [SKN+09, S. 138].

### 2.3.2.1 Digitale Plattformen

Die Geschäftslogik der industriellen Produktion folgt typischerweise dem linearen Modell der Wertschöpfungskette nach PORTER [Por14, S. 61ff.]. Unternehmen verarbeiten Einsatzgüter (Rohstoffe, Halbzeuge etc.) in mehreren Stufen zu höherwertigen Endprodukten und veräußern diese an Konsumenten. Sie generieren einen Mehrwert dadurch, dass sie eine aufeinander aufbauende Abfolge von Aktivitäten kontrollieren. Märkte, die nach diesem Prinzip funktionieren, werden auch als einseitige Märkte oder **Pipeline-Märkte** bezeichnet (Bild 2-14, links) [APC16, S. 25].

Im Zeitalter der Digitalisierung wird die klassische Geschäftslogik in vielen Industrien durch digitale Plattformen aufgebrochen. Eine **digitale Plattform** ist ein Marktplatz, der Anbieter und Nachfrager sowie etwaige weitere Akteure über das Internet miteinander verbindet und wertschöpfende Interaktionen zwischen ihnen ermöglicht [APC16, S. 24], [EWW17, S. 11], [ZF16, S. 42]. Märkte, die durch digitale Plattformen organisiert werden, werden auch als Plattform-Märkte bezeichnet [Bau15, S. 14f.]. Nach ROCHET und TIROLE handelt es sich bei **Plattform-Märkten**<sup>33</sup> um zwei- bzw. mehrseitige Märkte, die durch den sog. indirekten Netzwerkeffekt charakterisiert sind [RT06, S. 645]. Dieser besagt, dass eine Plattform für eine Gruppe von Marktteilnehmern umso attraktiver ist, je mehr Teilnehmer der anderen Gruppe/n sich auf der Plattform befinden. Plattform-Märkte funktionieren folglich erst dann, wenn eine gewisse Anzahl an Akteuren aller Gruppen auf der Plattform vorhanden ist [CS16, S. 266]. Ist diese kritische Masse jedoch erreicht, bildet sie ein hochvernetztes Wertschöpfungssystem, das die Möglichkeiten für Markttransaktionen signifikant erhöht bzw. die Transaktionskosten erheblich reduziert (Bild 2-14, rechts) [EWW17, S. 12].

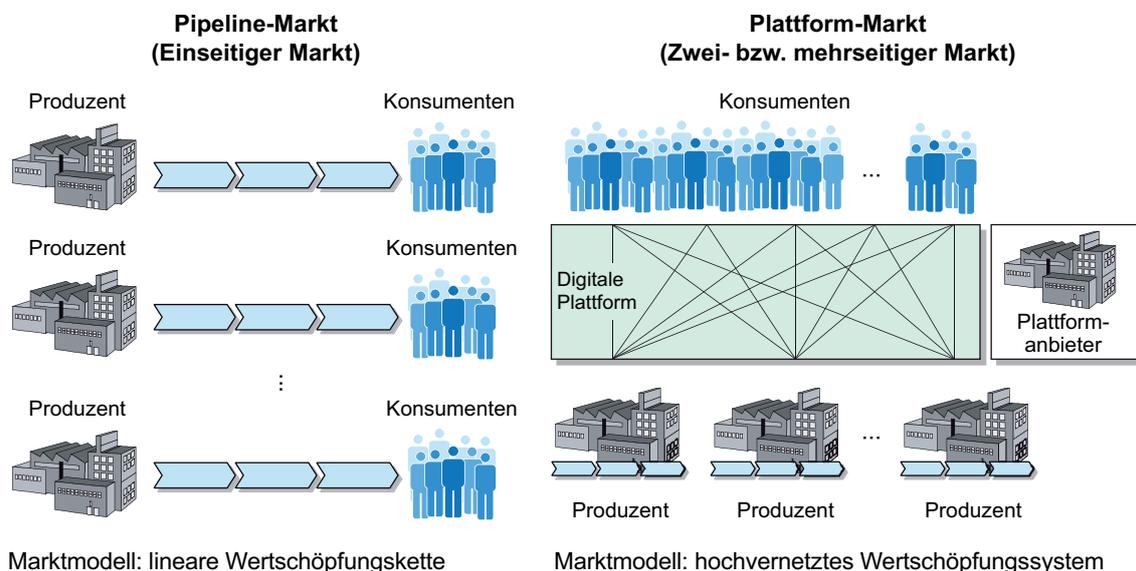


Bild 2-14: Funktionsweise von Pipeline- und Plattform-Märkten

<sup>33</sup> Plattformen gibt es grundsätzlich schon lange. Bspw. stellen Einkaufszentren, Innenstädte oder Zeitungen Plattformen dar. Digitale Plattformen erfordern jedoch deutlich weniger physische Infrastruktur und Vermögenswerte und sind dadurch günstiger und einfacher aufzubauen. Zudem ermöglichen sie aufgrund des einfacheren Zugangs für die Teilnehmer stärkere Netzwerkeffekte und eine bessere Skalierung [APC16, S. 25].

Gelingt es einem Unternehmen, sich erfolgreich als Plattformanbieter zu positionieren und ein **Plattformgeschäftsmodell** zu betreiben, kann es eine marktbeherrschende Stellung einnehmen, indem es als Intermediär zwischen den Produzenten und Konsumenten des Marktes agiert und sich diese Leistung von beiden Seiten bezahlen lässt [PAC17, S. 73f.], [RT06, S. 205]. Aus Sicht eines Pipeline-Unternehmens stellt dies ein ernsthaftes Risiko dar, da es die direkte Schnittstelle zu seinen Kunden verlieren kann [EPR17, S. 34].

### 2.3.2.2 Smart Services

Produzierende Unternehmen bieten seit vielen Jahren Dienstleistungen in Ergänzung zu ihren Produkten an. Im Fokus standen dabei bislang überwiegend **produktbegleitende Dienstleistungen**, die vornehmlich der Absatzförderung der Produkte dienen. Im Maschinen- und Anlagenbau handelt es sich beispielsweise um Finanzierung, Umbau und Modernisierung (gestaltende Dienstleistungen), Wartung, Ersatzteilmanagement und Schulungen (betreuende Dienstleistungen) oder Ingenieursdienstleistungen für die Produktentwicklung des Kunden (beratende Dienstleistungen) [SD06, S. 467f.], [Wes17, S. 22f.].

Seit einiger Zeit werden unter dem Begriff Smart Services neuartige Formen von Dienstleistungen diskutiert, die durch die Anwendung der Technologiekonzeption digitalisierter Produkte ermöglicht werden [AL05, S. 131ff.], [KRH+15, S. 14ff.]. **Smart Services** sind digitale Dienstleistungen, die einen Mehrwert durch die Auswertung von Daten vernetzter, intelligenter technischer Systeme generieren und über digitale Plattformen<sup>34</sup> erbracht werden [PD17, S. 94], [BGN17, S. 99]. Smart Services beruhen somit auf Cyber-Physischen Systemen bzw. Smart Products und bilden mit diesen ein integriertes **Produkt-Service-System** (vgl. Abschnitt 2.1.1) [AK16, S. 1277]. Nach BULLINGER ET AL. sind sowohl das technische System als auch Personen des Dienstleistungsanbieters in die Erbringung von Smart Services involviert, wobei der Anteil der Leistungserbringung durch die Personen je nach Service variiert und auch gänzlich entfallen kann [BGN17, S. 102]. Im zuletzt genannten Fall (sog. Self-Services) besteht das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zu einem Produktfeature darin, dass der Smart Service als eigenständige Marktleistung angeboten und monetarisiert wird [FKR+18, S. 307]. Im Zusammenhang mit Smart-Services wird daher auch von **datenbasierten Geschäftsmodellen** bzw. **Smart Service-Geschäftsmodellen** gesprochen [EPR17, S. 12]. Beispiele für Smart Services sind eine prädiktive Wartung von Maschinen und Anlagen auf Basis von Zustands- und Produktionsdaten (Predictive Maintenance) oder eine automatische Bestellung von Verbrauchsmaterialien und Betriebsmitteln auf Basis von Bestands- und Planauftragsdaten.

---

<sup>34</sup> Im vorangegangenen Abschnitt 2.3.2.1 wurden digitale Plattformen als zweiseitige Märkte definiert. Smart Services können jedoch auch über Softwareplattformen bzw. IoT-Plattformen erbracht werden, die einseitige Märkte darstellen. In diesem Fall ist der Plattformanbieter der einzige Anbieter von Smart Services auf der Plattform. Es handelt sich dann allerdings nicht um ein Plattformgeschäftsmodell.

### 2.3.2.3 Digitale Ökosysteme

Im Fokus der Geschäftstätigkeit produzierender Unternehmen stehen traditionell Produkte sowie ggf. produktbegleitende Dienstleistungen. Für gewöhnlich umfasst das Angebot jedoch nicht nur eine einzelne Marktleistung, sondern ein umfassendes Leistungsprogramm (vgl. Abschnitt 2.1.2). Obwohl die verschiedenen Marktleistungen sich komplementär ergänzen, handelte es sich bislang allerdings überwiegend um isolierte Leistungen.

Im Kontext der Digitalisierung wandeln sich die Leistungsprogramme produzierender Unternehmen zunehmend in digitale Ökosysteme. Ein **digitales Ökosystem** ist aus Angebotssicht ein über digitale Plattformen vernetztes Gesamtsystem aus intelligenten Produkten (Smart Products) und darauf basierenden digitalen Dienstleistungen (Smart Services). Nach AMMON und BREM umfasst ein digitales Ökosystem Hardware, Software, Dienste und Inhalte [AB13, S. 102f.]. Auf diese Weise bildet es eine Art Vollsortiment und schafft einen extrem hohen Nutzen für den Kunden, der die Summe der Nutzwerte der Einzelleistungen deutlich übersteigt [LB15, S. 231]<sup>35</sup>. Aus Wertschöpfungssicht ist ein digitales Ökosystem ein Verbund von Marktteilnehmern, die miteinander in Leistungsbeziehungen stehen und über digitale Plattformen Güter, Informationen, Dienste und Geld austauschen [GB12, S. 251], [Mas09, S. 220], [Jac18, S. 112].

Die Evolutionsstufen von einem isolierten Einzelprodukt zu einem vernetzten Ökosystem sind in Anlehnung an PORTER und HEPPELMANN in Bild 2-15 dargestellt. Zunächst werden intelligente Produkte zu Produktsystemen vernetzt. Beispielsweise wird ein Traktor auf diese Weise Teil eines integrierten Landmaschinensystems aus Mähdreschern, Pflügen und Pflanzmaschinen. Durch die Verknüpfung verschiedener Produktsysteme und die Integration von Smart Services entsteht schließlich ein digitales Ökosystem. In der Landwirtschaft ist dies z.B. ein Agrarmanagementsystem, das aus einem Landmaschinen-, Bewässerungs-, Wetterdaten- und Saattoptimierungssystem besteht [PH14, S. 46ff.].

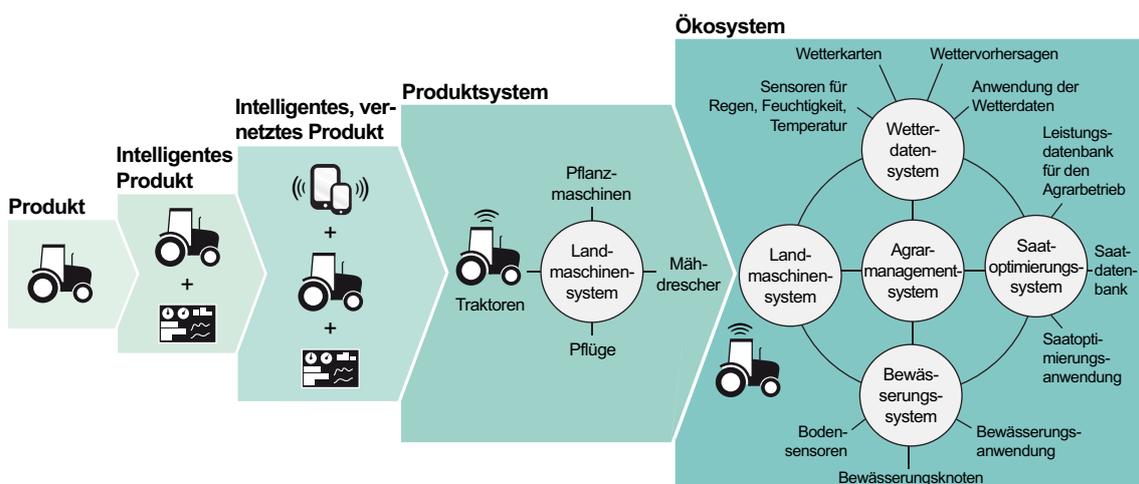


Bild 2-15: Vom Produkt zum Ökosystem am Beispiel der Landwirtschaft [PH14, S. 46f.]

<sup>35</sup> Ein viel zitiertes Beispiel für ein digitales Ökosystem ist das Leistungsprogramm von Apple. Es umfasst u.a. Smartphones (Hardware), Apps (Software), Telefonie und Webzugang (Dienste) sowie Musik und Bücher (Inhalte). Alle Leistungen sind über die Plattform iOS miteinander vernetzt [AB13, S. 104].

Unternehmen, die in der Lage sind, ein digitales Ökosystem aufzubauen und zu orchestrieren bzw. ein **Ökosystem-Geschäftsmodell** zu realisieren, können einen Markt dominieren. Durch das sehr breite und aufeinander abgestimmte Leistungsprogramm wird in der Regel eine starke technologische Abhängigkeit auf der Nutzerseite erreicht. Dies führt zu einer hohen Kundenbindung, da der Wechsel zu einem anderen, vergleichbaren Ökosystem mit hohen Aufwänden verbunden ist (Lock-In-Effekt) [LB15, S. 230f.].

**Fazit:** Smarte Produkte sind der Ausgangspunkt für neue Marktleistungskonzepte, die neben Produktinnovationen vielfältige Potentiale für Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen eröffnen. Die alleinige Weiterentwicklung der bestehenden Produkte greift daher zu kurz. Unternehmen sind ebenso gefordert, rund um ihre Produkte Smart Services zu entwickeln, die mit digitalen Plattformen die Basis für digitale Ökosysteme bilden.

## 2.4 Digitalisierung von Produktprogrammen – Theorie und Praxis

Die Digitalisierung des Produktprogramms ist einer der größten Hebel für Innovationen. Vor diesem Hintergrund erfolgt im Weiteren eine tiefergehende Auseinandersetzung mit der Thematik, wobei in einigen Abschnitten aus Gründen der Vereinfachung die Betrachtungsweise eines einzelnen Produkts eingenommen wird. Abschnitt 2.4.1 widmet sich digitalen Technologien als Basis digitalisierter Produkte. In Abschnitt 2.4.2 werden Eigenschaften digitalisierter Produkte untersucht. Gegenstand von Abschnitt 2.4.3 sind Nutzenpotentiale digitalisierter Produkte aus Kundensicht sowie Erfolgspotentiale aus Unternehmenssicht. Abschnitt 2.4.4 stellt den Status Quo der Digitalisierung von Produktprogrammen heraus. Abschnitt 2.4.5 thematisiert Herausforderungen bei der Digitalisierung von Produktprogrammen.

### 2.4.1 Digitale Technologien als Basis digitalisierter Produkte

Ein Produkt lässt sich als Bündel von Technologien auffassen (vgl. Abschnitt 2.1.1). In diesem Sinne kann die Digitalisierung von Produkten als Integration digitaler Technologien in ein bestehendes Bündel aus zunächst überwiegend physischen Technologien verstanden werden [AF18, S. 7] (Bild 2-16, links). In den vergangenen Jahrzehnten ist die Leistungsfähigkeit digitaler Technologien rasant gestiegen [BUB17, S. 13], [GB12, S. 19]. Darüber hinaus haben sich stetig neue Technologien entwickelt [HS09, S. 9], die in der Folge oftmals zu Querschnittstechnologien avanciert sind [JL13, S. 34]. ISMAEL ET AL. resümieren daher: „*Noch nie in der menschlichen Geschichte haben sich so viele Technologien mit solch einer hohen Geschwindigkeit entwickelt*“ [IMG17, S. 6].

Technologien sind grundsätzlich durch eine hohe Vielfalt geprägt [ABM11, S. 37]. Aus diesem Grund existieren in der wissenschaftlichen Literatur zahlreiche allgemeine Systematisierungsansätze [Ger05, S. 24ff.], [SKS+11, S. 35ff.]. In Hinblick auf digitale Technologien finden sich überwiegend Aufzählungen ausgewählter Technologien [Han18, S. 91ff.], [SRK18, S. 1ff.] sowie applikationsspezifische Systematiken [Hau14, S. 52].

In der vorliegenden Arbeit wird eine **Klassifizierung digitaler Technologien** auf Basis der Begriffsdefinition von STÄHLER angestrebt [Stä02, S. 160] (vgl. Abschnitt 2.1.5), wobei in Anlehnung an SCHUH ET AL. eine Unterscheidung in digitale Einzeltechnologien und digitale Systemtechnologien vorgenommen wird [SKS+11, S. 36] (Bild 2-16, rechts).

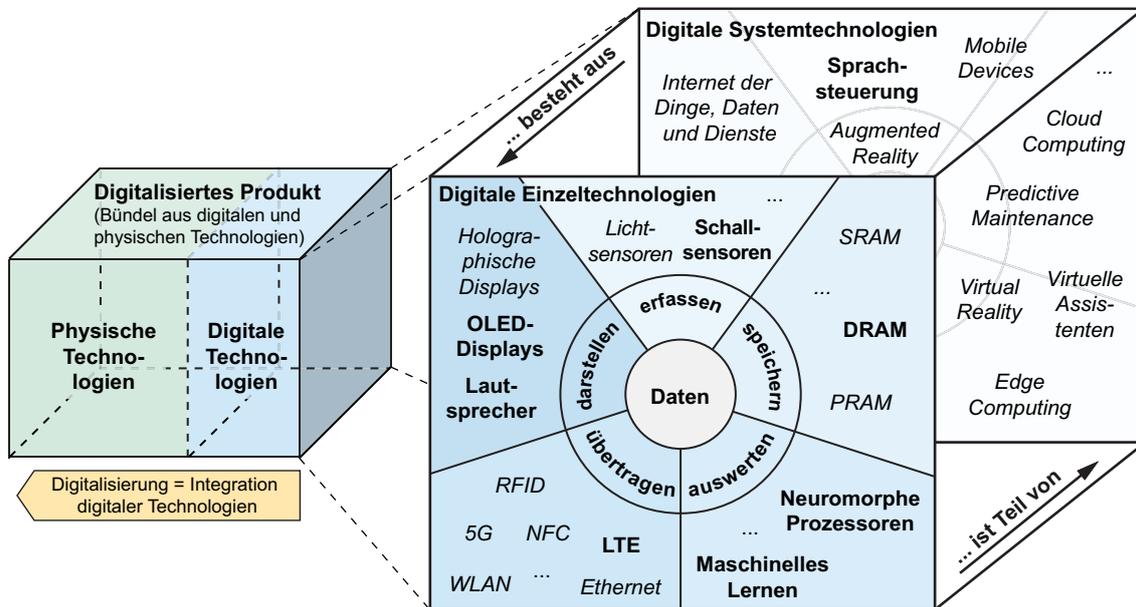


Bild 2-16: Digitalisierung von Produkten als Integration digitaler Technologien sowie Klassifizierung digitaler Technologien in Einzel- und Systemtechnologien

**Digitale Einzeltechnologien** sind für sich allein stehende Technologien, die dazu dienen, Daten zu erfassen, zu speichern, auszuwerten<sup>36</sup>, zu übertragen oder darzustellen – sie erfüllen somit die Basisfunktionen der Informationstechnik [Vöh03, S. 393f.]:

- Bei Technologien zur *Datenerfassung* handelt es sich vorwiegend um **Sensortechnologien**, wie Temperatur-, Licht- oder Schallsensoren [LLS16, S. 239f.]. Zwar messen diese in der Regel analoge Größen. Sie werden jedoch oftmals als integrierte Funktionseinheiten ausgeführt, die direkt digitalisierte Signale erzeugen (vgl. Abschnitt 2.3.1.1).
- Die *Datenspeicherung* beruht auf **Speichertechnologien**, insbesondere digitalen Halbleiterspeichern. Dazu zählen u.a. Technologien wie Static Random Access Memory (SRAM), Dynamic Random Access Memory (DRAM) oder Phase Change Random Access Memory (PRAM) [SS14, S. 297ff.].
- Im Rahmen der *Datenauswertung* kommen **Technologien der Informationsverarbeitung** zum Einsatz. Bei intelligenten Produkten gewinnen zunehmend **Technologien der künstlichen Intelligenz** an Bedeutung, z.B. Maschinelle Lernverfahren als Softwaretechnologien oder Neuromorphe Prozessoren als Hardwaretechnologien [Fra17, S. 6ff.], [BM17b, S. 24ff.], [RN12, S. 807ff.].
- Die *Datenübertragung* basiert vornehmlich auf **Netzwerktechnologien**. Hierzu gehören beispielsweise Technologien wie Radio Frequency Identification (RFID),

<sup>36</sup> Die Verknüpfung von Daten als weiterer Bestandteil der Begriffsdefinition wird hierunter subsumiert.

Near Field Communication (NFC), Wireless Local Area Network (WLAN) oder Long Term Evolution (LTE) [LLS16, S. 239].

- Bei Technologien zur *Datendarstellung* stehen **Technologien der Mensch-Maschine-Interaktion** im Vordergrund. Im weiteren Sinne können auch **Aktortechnologien** zu dieser Kategorie gezählt werden. Beispiele für Technologien im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion sind OLED-Displays oder Holographische Displays. Beispiele für Aktortechnologien sind Linearmotoren oder Lautsprecher [LLS16, S. 240]. Als Pendant zu Sensortechnologien wandeln sie zwar in der Regel analoge Größen. Sie können jedoch häufig direkt digital angesteuert werden (vgl. Abschnitt 2.3.1.1).

**Digitale Systemtechnologien** bestehen aus verschiedenen digitalen Einzeltechnologien [SKS+11, S. 36]. Beispielsweise sind für die Systemtechnologie Sprachsteuerung Einzeltechnologien zur Datenerfassung (z.B. Schallsensoren), -speicherung (z.B. DRAM), -auswertung (z.B. Maschinelles Lernen und Neuromorphe Prozessoren), -übertragung (z.B. LTE) und -darstellung (z.B. Lautsprecher und OLED-Displays) erforderlich. Weitere Beispiele für digitale Systemtechnologien sind Virtual Reality, Cloud Computing oder Predictive Maintenance. Systemtechnologien können sich im Sinne einer Kaskadierung wiederum aus verschiedenen anderen Systemtechnologien zusammensetzen [GEK01, S. 36f.]

Die Integration digitaler Technologien in physische Produkte führt dazu, dass sich die Produkte in dem in Bild 2-10 dargestellten Kontinuum zunehmend nach rechts bewegen. Nach EIGNER ist eine Verschiebung der Wertschöpfungsanteile zum digitalen Extrempol charakteristisch für die Erzeugnisse produzierender Unternehmen. So ist der Anteil der Herstellungskosten für ein Maschinenbauprodukt, der durchschnittlich auf digitale Technologien entfällt, in der letzten Dekade um 11% auf rund 30% gestiegen und wird zukünftig weiter zunehmen. Die Erhöhung des digitalen Anteils geht dabei mit einem höheren Innovationsgrad der Produkte einher, da digitale Technologien neue Produktfeatures ermöglichen [Eig17, S. 211f.]. Darüber hinaus bilden sie häufig auch die Grundlage für neue Dienstleistungen oder Geschäftsmodelle [Han18, S. 91], [Ams16, S. 16].

**Fazit:** Die Digitalisierung von Produkten erfolgt durch die Integration digitaler Technologien. Der Anteil digitaler Technologien an einem Produkt ist in den vergangenen Jahren stark gestiegen und wird sich auch zukünftig weiter erhöhen. Die Vielfalt und Dynamik digitaler Technologien ist enorm, weshalb sich eine Klassifizierung in Einzel- und Systemtechnologien anbietet. Im Sinne dieser Klassifizierung handelt es sich bei Technologien, die neue Produktfeatures, Dienstleistungen oder Geschäftsmodelle ermöglichen, überwiegend um digitale Systemtechnologien wie Sprachsteuerung, Augmented Reality oder Predictive Maintenance, die auf verschiedenen Einzeltechnologien beruhen.

#### 2.4.2 Eigenschaften digitalisierter Produkte

Um den Entwicklungsfortschritt digitalisierter Produkte gegenüber herkömmlichen Produkten zum Ausdruck zu bringen, werden sie in der einschlägigen Literatur durch **generische Eigenschaften** charakterisiert, wobei von den Autoren unterschiedliche Bezeichnungen für

digitalisierte Produkte gewählt werden [HNU+17, S. 4727] (vgl. Abschnitt 2.3.1). GAUSEMEIER ET AL. definieren beispielsweise vier Eigenschaften Intelligenter Technischer Systeme: adaptiv, robust, vorausschauend und benutzungsfreundlich [GTD13, S. 49]. RIJSDIJK und HULTINK führen sieben Eigenschaften smarterer Produkte an: autonom, adaptiv, reaktiv, multifunktional, kooperationsfähig, interaktiv und persönlich [RH09, S. 25f.]. NOLL ET AL. nennen sechs Eigenschaften digitalisierter Produkte: datenzentriert, intelligent, vernetzt, kommunikationsfähig, flexibel erweiterbar und individualisierbar [NZN+16, S. 12ff.].

Die angeführten Eigenschaften gleichen bzw. ähneln sich in vielen Fällen, unterscheiden bzw. ergänzen sich teilweise aber auch. Zur Charakterisierung digitalisierter Produkte bietet sich daher in Anlehnung an NOVALES ET AL. eine Synthese der in der einschlägigen Literatur genannten Eigenschaften an (Tabelle 2-1) [NMS16, S. 4ff.].

Tabelle 2-1: Synthese von Eigenschaften digitalisierter Produkte

Eigen-schaft / Autoren	adaptiv	robust	voraus-schauend	benutzungs-freundlich	vernetzt	autonom	erweiterbar	multi-funktional
<b>GAUSEMEIER ET AL.</b> [GTD13, S. 49]	adaptiv	robust	voraus-schauend	benutzungs-freundlich				
<b>RIJSDIJK &amp; HULTINK</b> [RH09, S. 26]	adaptability	reactivity		humanlike interaction, personality	ability to cooperate	autonomy		multi-functionality
<b>NOLL ET AL.</b> [NZN+16, S. 12ff.]	intelligent			individualisierbar	vernetzt kommunikationsfähig		flexibel erweiterbar	
datenzentriert								
<b>MAASS &amp; VARSHNEY</b> [MV08, S. 213]	adaptiven-ess		pro-activity	personali-zation	network ability			
situatedness, business-awareness								
<b>SABOU ET AL.</b> [SKN+09, S. 145]	context-aware		proactive behaviour		capable of networking with other products			
<b>Smart Product Consortium</b> zitiert nach [SKN+09, S. 139ff.]	situation-and context-aware		proactively approach to the user	multimodal interaction	self-organiza-tion in product environments	autonomy	support the entire life-cycle	
support procedural knowledge, emerging knowledge, distributed storage of knowledge								
<b>MÜHLHÄUSER</b> [Müh08, S. 163]	context-awareness		proactive behaviour	multimodal natural interface	p2u and p2p interaction		support the entire life-cycle	
AI planning, semantic self-description, machine learning								

\*p2u interaction: product to user interaction; p2p interaction: product to product interaction

Tabelle 2-1 zeigt, dass sich die Nennungen diverser Autoren zu acht konstituierenden Eigenschaften aggregieren lassen. Diese werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit zur Charakterisierung digitalisierter Produkte herangezogen<sup>37</sup>:

- **adaptiv:** Digitalisierte Produkte interagieren mit ihrem Umfeld und passen sich diesem selbstständig an [GTD13, S. 49], [RH09, S. 26], [MV08, S. 213].

<sup>37</sup> Dabei gilt ein Produkt bereits dann als digitalisiert, wenn es durch die Integration digitaler Technologien mindestens eine der acht Eigenschaften erfüllt.

- **robust:** Sie bewältigen auch unerwartete und vom Entwickler nicht berücksichtigte Situationen in einem dynamischen Umfeld [GTD13, S. 49], [RH09, S. 26].
- **vorausschauend:** Sie antizipieren auf Basis von Erfahrungswissen die künftigen Wirkungen von Einflüssen und möglichen Zuständen [GTD13, S. 49], [MV08, S. 213].
- **benutzungsfreundlich:** Sie berücksichtigen das spezifische Benutzungsverhalten und stimmen ihre Interaktion mit dem Nutzer darauf ab [GTD13, S. 49], [RH09, S. 26].
- **vernetzt:** Digitalisierte Produkte sind mit anderen Produkten vernetzt und in der Lage, mit diesen zu kommunizieren [NZN+16, S. 14], [Müh08, S. 163], [SKN+09, S. 145].
- **autonom:** Sie lösen selbstständig komplexe Aufgaben innerhalb einer bestimmten Anwendungsdomäne ohne Eingriff des Nutzers [RH09, S. 26], [SKN+09, S. 139].
- **erweiterbar:** Sie sind entlang ihres Lebenszyklus erweiterbar, z.B. durch digitale Updates [NZN+16, S. 14], [SKN+09, S. 140], [Müh08, S. 163].
- **multifunktional:** Digitalisierte Produkte ermöglichen vielfältige Funktionen, insbesondere auch solche, die über die eigentliche Kernfunktionalität hinausgehen [RH09, S. 26].

**Fazit:** Digitalisierte Produkte lassen sich durch acht übergeordnete Eigenschaften charakterisieren. Unternehmen sind im Zuge der Digitalisierung gefordert, ihre Produkte so weiterzuentwickeln, dass sie diese Eigenschaften aufweisen. Dazu sind entsprechende Features zu identifizieren und implementieren, die zu diesen generischen Eigenschaften führen.

### 2.4.3 Nutzen- und Erfolgspotentiale digitalisierter Produkte

Digitalisierte Produkte stiften einen erhöhten Nutzen für den Kunden [PH14, S. 17]. Aus Sicht produzierender Unternehmen resultieren darüber hinaus vielfältige Potentiale zur Steigerung des Geschäftserfolgs [FF18, S. 99]. Die Nutzen- und Erfolgspotentiale digitalisierter Produkte werden nachfolgend diskutiert.

#### Nutzenpotentiale aus Kundensicht

Die Vielzahl an Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten sowie die damit einhergehenden Eigenschaften führen zu einer Erweiterung des Kundennutzens [NZN+16, S. 17], [PH14, S. 17]. Ein Produkt stiftet einem Kunden grundsätzlich dann Nutzen, wenn es für ihn Probleme löst bzw. Gewinne erzeugt [OPB+15, S. 8]. Nach NOLL ET AL. ermöglichen digitalisierte Produkte u.a. folgende Nutzenpotentiale: Effizienzsteigerung, Zeitgewinn, Erhöhung der Sicherheit, Steigerung der Flexibilität, Verbesserung der Benutzungsfreundlichkeit sowie Erzeugung eines „WOW-Effekts“ [NZN+16, S. 17f.]. ALMQUIST ET AL. führen 30 grundlegende Nutzelemente<sup>38</sup> für Produkte an, die in Anlehnung an die Bedürfnishierarchie nach MASLOW in vier übergeordnete Kategorien strukturiert sind (Bild 2-17). Die Wichtigkeit eines Elements steigt tendenziell von unten nach oben, wobei zur Erfüllung der oberen Elemente zumeist eine Realisierung der unteren Elemente erforderlich ist. In der Regel beruhen erfolgreiche Produkte auf einer Kombination von Elementen [ASB16, S. 25].

---

<sup>38</sup> Die 30 Nutzelemente beziehen sich auf B2C-Produkte. Darüber hinaus existieren auch 40 Nutzelemente für B2B-Produkte (vgl. Anhang A1.1) [ACS18, S. 51]. Da im Rahmen der Arbeit in Kapitel 4 auf die Elemente für B2C-Produkte zurückgegriffen wird, werden diese hier vorgestellt.

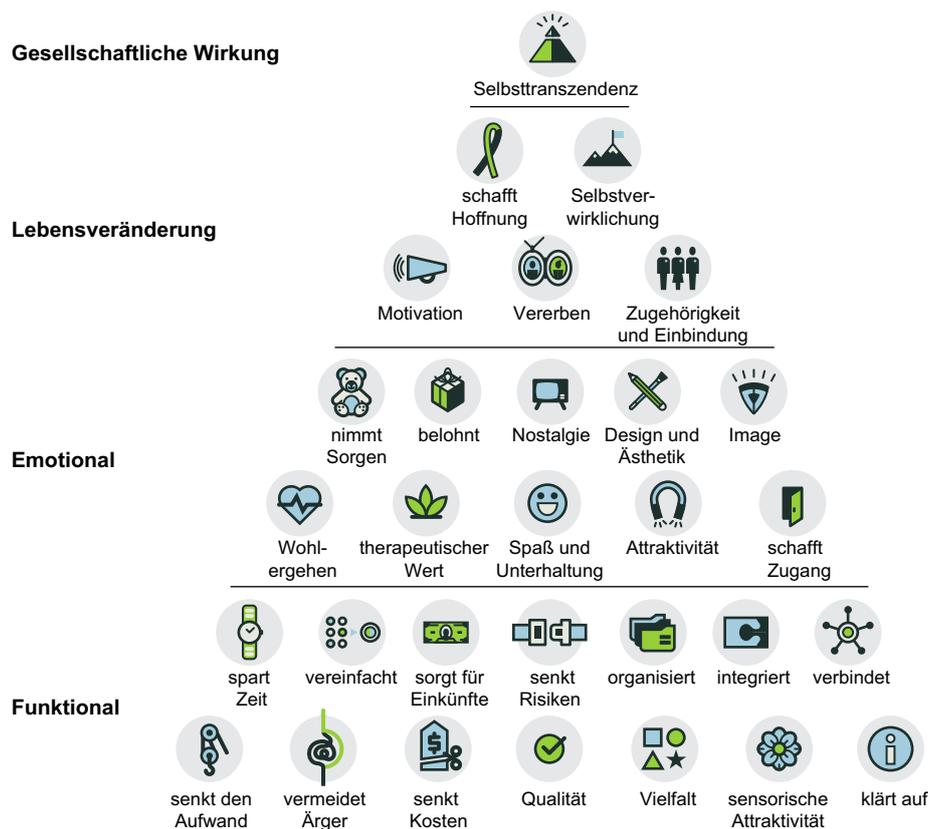


Bild 2-17: Hierarchie von Nutzelementen nach ALMQUIST ET AL. [ASB16, S. 27]

PORTER und HEPPELMANN merken an, dass die Vielzahl an Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten Unternehmen dazu verleitet, möglichst viele Features in ein Produkt zu integrieren. Dieses Bestreben wird dadurch bestärkt, dass die Grenzkosten für zusätzliche Sensorik und Software in der Regel gering ausfallen [PH14, S. 17]. Die Digitalisierung von Produkten darf jedoch nicht zum Selbstzweck erfolgen, sondern muss stets einen Mehrwert für den Kunden schaffen. Unternehmen sollten daher einerseits ergründen, welche Nutzelemente sie mit etwaigen Features adressieren und andererseits abwägen, ob der Nutzen eines Features dessen Preis rechtfertigt [PH14, S. 23], [ASB16, S. 24f.].

### Erfolgspotentiale aus Unternehmenssicht

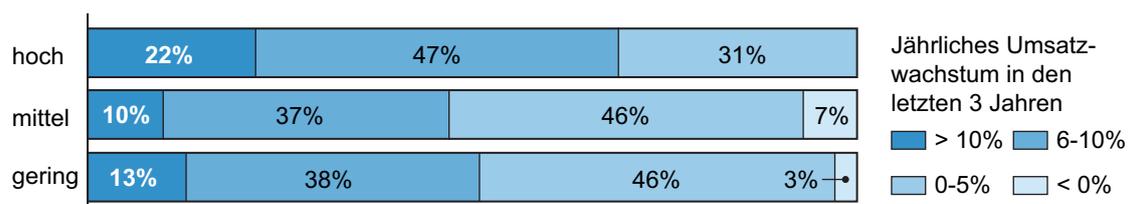
Aus Unternehmenssicht eröffnen digitalisierte Produkte vielfältige Potentiale zur Steigerung des Geschäftserfolgs. Laut einer Studie des BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWi) sprechen ca. 80% aller befragten Industrieunternehmen der Digitalisierung allgemein einen hohen Einfluss auf den Unternehmenserfolg zu [BMWi18, S. 26]. In Bezug auf Marktleistungen werden in der Literatur u.a. folgende Erfolgspotentiale genannt:

- Steigerung des Umsatzes:** Die Digitalisierung von Produkten führt zu einem Nutzenzuwachs für die Kunden. Infolgedessen steigen Absatz und Umsatz [ASB16, S. 26]. Eine Studie von KOCH ET AL. kommt zu dem Schluss, dass Unternehmen mit stark digitalisiertem Produktprogramm ein überdurchschnittliches Umsatzwachstum aufweisen. So erzielten knapp dreiviertel aller befragten Unternehmen, die zu dieser Kategorie

zählen, ein Wachstum von 6% bis 10% pro Jahr – viele sogar mehr als 10%. Im Vergleich dazu erzielte die Hälfte der Unternehmen, deren Produktprogramm einen mittleren oder geringen Digitalisierungsgrad aufweist, lediglich ein Umsatzwachstum von maximal 5% pro Jahr (Bild 2-18) [KKG+14, S. 30].

- **Steigerung des Gewinns:** Digitalisierte Marktleistungen gehen tendenziell mit einem höheren Gewinn einher. Eine Studie von STEIMEL und BUEHLER zeigt, dass das Gewinnwachstum im deutschen Mittelstand bei sog. „Digital Leaders“ durchschnittlich bis zu 20% beträgt. Im Vergleich dazu weisen sog. „Digital Starter“ im Schnitt lediglich ein Wachstum von ca. 2% auf [SB18, S. 20]. Relativierend ist an dieser Stelle allerdings anzumerken, dass die Unternehmen den Profitabilitätszuwachs lediglich zu 15% auf die Digitalisierung ihrer Marktleistungen zurückführen. Ca. 60% des Wachstums begründet sich durch die Optimierung von Geschäftsprozessen [SB18, S. 15].
- **Generierung neuer Erlösquellen:** Digitalisierte Produkte ermöglichen neuartige Geschäftsmodelle, die auf neuen Prinzipien der Erlösgenerierung beruhen, z.B. Smart Service-Geschäftsmodelle, Plattformgeschäftsmodelle oder Ökosystem-Geschäftsmodelle (vgl. Abschnitt 2.3.2). Einer Studie von MCKINSEY zu Folge wird der klassische Erlösmechanismus des Produktverkaufs zukünftig spürbar zurückgehen und durch neuartige Erlösmechanismen wie Pay Per Use ersetzt [McK15 S. 38].
- **Stärkung der Kundenbindung:** Durch den Nutzenzuwachs digitalisierter Produkte wird eine Stärkung der Kundenbindung erreicht. Zusätzlich lässt sich eine Intensivierung der Kundenbindung durch das Angebot kundenindividueller Smart Services und die Schaffung digitaler Schnittstellen zum Kunden (z.B. über digitale Plattformen) realisieren [Pla18, S. 69], [Han18, S. 15], [BLO+15, S. 24]. Eine Studie von GEISSBAUER ET AL. belegt, dass 72% der befragten Unternehmen die Digitalisierung als Möglichkeit sehen, die Beziehung zu ihren Kunden zu optimieren [GVS16, S. 15].

#### Digitalisierungsgrad des Produktprogramms



n = 235 Unternehmen; Fokusbranchen: Verarbeitendes Gewerbe, IKT-Industrie; Ausgewogenes Verhältnis von Konzernen und KMU

Bild 2-18: Umsatzwachstum in Abhängigkeit des Digitalisierungsgrads des Produktprogramms [KKG+14, S. 30]

**Fazit:** Die Digitalisierung von Produkten darf nicht zum Selbstzweck erfolgen, sondern muss stets einen Nutzen für den Kunden schaffen. Unternehmen sind daher gefordert, die Probleme und Gewinne der Kunden zu ergründen sowie den Aufwand und Nutzen einer Produkt-, Dienstleistungs- oder Geschäftsmodellmodifikation abzuwägen. Aus unternehmerischer Sicht sind mit der Digitalisierung des Produktprogramms vielversprechende Geschäftspotentiale wie Umsatz- oder Gewinnsteigerungen verbunden, die es zu erschließen gilt.

### 2.4.4 Status Quo der Digitalisierung von Produktprogrammen

Angesichts der vielversprechenden Nutzen- und Erfolgspotentiale sind Unternehmen bestrebt, ihr Produktprogramm zu digitalisieren [Bar17, S. 5], [PMG+17, S. 12]. Gegenwärtig ist der Digitalisierungsgrad bei vielen Unternehmen allerdings noch relativ gering ausgeprägt; es zeichnet sich jedoch ab, dass er zukünftig deutlich zunehmen wird. So konstatieren KOCH ET AL. für das Jahr 2014, dass lediglich ein Drittel der befragten Unternehmen über ein hoch digitalisiertes Produktprogramm verfügen. Gleichzeitig prognostizieren sie, dass dieser Wert bis zum Jahr 2020 um 50% auf ca. 80% ansteigen wird [KKG+14, S. 27f.] (Bild 2-19). Die bereits erwähnte Studie des BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWi) bestätigt diese Tendenz – wenn auch in geringem Ausmaß. Demnach liegt der Anteil hoch digitalisierter Produkte bei den befragten Industrieunternehmen aktuell bei etwa 50% [BMWi18, S. 28]. BLOCHING ET AL. merken vor dem Hintergrund der Diskrepanz zwischen bestehendem und prognostiziertem Digitalisierungsgrad kritisch an, dass viele Unternehmen den Chancen der Digitalisierung gegenwärtig noch hinterherlaufen [BLO+15, S. 27f.].

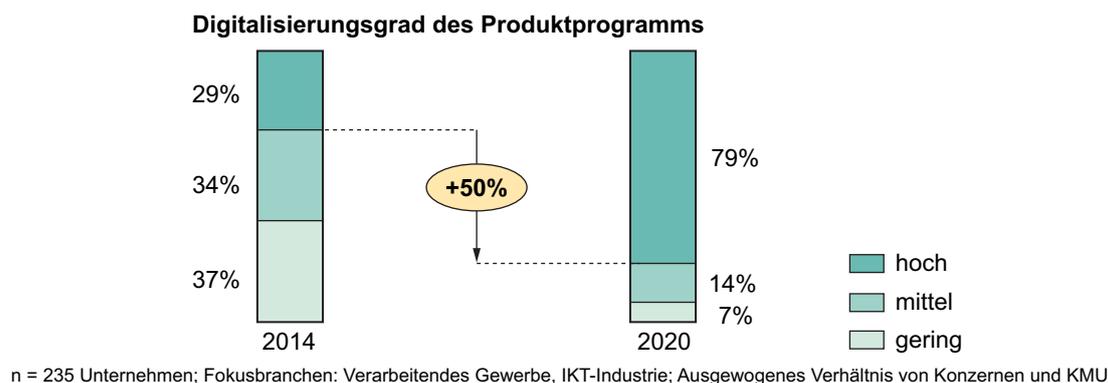


Bild 2-19: Durchschnittlicher Digitalisierungsgrad des Produktprogramms im Jahr 2014 sowie prognostizierter Anstieg bis zum Jahr 2020 [KKG+14, S. 27]

Insgesamt ist die Digitalisierung des Produktprogramms ein branchenübergreifendes Phänomen [KKG+14, S. 27]. Nichtsdestotrotz gibt es Branchen wie die Informations- und Kommunikationsindustrie, die Medienindustrie oder den Handel, in denen die Digitalisierung bereits sehr weit fortgeschritten ist, sowie Branchen wie die Medizintechnik oder die Pharmaindustrie, die noch weitestgehend am Anfang des Transformationsprozesses stehen [BMWi18, S. 13], [BLM+15, S. 4ff.]. Unternehmen sollten ihren Digitalisierungsfortschritt daher stets am Vergleichskollektiv der eigenen Branche bemessen.

**Fazit:** Wenngleich die Mehrheit der Unternehmen bestrebt ist, ihre Marktleistungen zu digitalisieren, ist gegenwärtig noch ein verhältnismäßig geringer Digitalisierungsgrad zu verzeichnen. Viele Unternehmen laufen den Chancen der Digitalisierung aktuell hinterher. Zwischen den verschiedenen Branchen gibt es teilweise große Unterschiede in Hinblick auf den Digitalisierungsgrad. Unternehmen sollten ihren Digitalisierungsfortschritt daher einerseits in Bezug zu ihrer eigenen Branche bzw. ihrem eigenen Markt bewerten, aber andererseits auch Fortschritte anderer Branchen gezielt adaptieren und für sich nutzen.

### 2.4.5 Herausforderungen bei der Digitalisierung von Produktprogrammen

Die Diskrepanz zwischen gegenwärtig bestehendem und zukünftig angestrebtem Digitalisierungsgrad zeigt, dass Unternehmen offensichtlich vor Herausforderungen stehen, die die Digitalisierung von Produktprogrammen erschweren. Tabelle 2-2 fasst bedeutende und vielfach diskutierte Herausforderungen<sup>39</sup> zusammen.

Tabelle 2-2: Herausforderungen bei der Digitalisierung von Produktprogrammen

Herausforderung	Beschreibung
<b>Unüberschaubare Optionsvielfalt</b>	Aus der Vielzahl an und Verknüpfung von digitalen Technologien ergibt sich eine nahezu unüberschaubare Anzahl an Möglichkeiten, um Produkte zu digitalisieren [MBE+16, S. 49]. Im Prinzip sind die sich bietenden Optionen lediglich durch die eigene Phantasie begrenzt [GDE+19, S. 86]. Vielen Unternehmen fehlt es daher an Orientierung und Wissen, wenn es um die Digitalisierung des Produktprogramms geht.
<b>Veränderte Differenzierung</b>	Im Zeitalter der Digitalisierung ändert sich die Art und Weise der Differenzierung [PH14, S. 33]. Zum einen verschiebt sich die Bedeutung von Produktfeatures von den klassischen physischen hin zu digitalen Features [GDE+19, S. 338]. Zum anderen werden die Produkte mit neuen Dienstleistungen und Geschäftsmodellen kombiniert (vgl. Kapitel 2.3.2). Häufig gelingt es Unternehmen nicht, sich von den tradierten Differenzierungsmechanismen zu lösen und ihr Angebot neu auszurichten.
<b>Ungewisse Geschäftsentwicklung</b>	Die Digitalisierung führt branchenübergreifend zu einer Veränderung des Geschäfts [Kag14, S. 69]. Die Stärke der damit verbundenen Auswirkungen wird teilweise als so gravierend empfunden, dass von digitaler Disruption die Rede ist [Mey17, S. 9]. Inwiefern sich ihr Geschäft wandeln wird, ist für Unternehmen jedoch ungewiss. Oftmals mangelt es ihnen an einer Vorstellung über die digitale Zukunft. Infolgedessen laufen sie Gefahr, sich bei der Ausrichtung ihres Geschäfts zu verzetteln.
<b>Erweiterter Wettbewerb</b>	Unternehmen finden sich im digitalen Zeitalter in einer erweiterten Wettbewerbsarena wieder. Dies begründet sich einerseits durch die Auflösung bestehender Branchengrenzen [PH14, S. 36]. Andererseits treten innovative Start-ups in das Geschäft ein [MP18, S. 35]. Als Folge daraus erhöht sich auf der einen Seite der Innovationsdruck. Auf der anderen Seite wird die Positionierung des Produktprogramms komplexer.
<b>Umfangreiche Programmanpassung</b>	Aus Unternehmenssicht reicht es nicht aus, lediglich einzelne Produktgruppen zu digitalisieren. Es gilt vielmehr, das Produktprogramm ganzheitlich auf die Digitalisierung auszurichten, um die damit verbundenen Nutzen- und Erfolgspotentiale zu erschließen (vgl. Kapitel 2.4.3) [Pop15, S. 89]. Dies führt dazu, dass Umfang und Schwierigkeitsgrad der Planung steigen, da für jede Produktgruppe entschieden werden muss, auf welche Art und in welcher Intensität sie digitalisiert werden soll.
<b>Gesteigerte Programmkomplexität</b>	Durch die Digitalisierung des Produktprogramms entstehen häufig neue Produktvarianten [AF18, S. 105]. In der Folge steigt die Variantenvielfalt, was tendenziell zu einer Erhöhung der Programmkomplexität und somit der Herstellkosten führt [KG18, S. 52], [Sch05, S. 13ff.]. Unternehmen stehen vor der Herausforderung, die durch die Digitalisierung induzierte Variantenvielfalt wirtschaftlich zu bewältigen (vgl. Kapitel 2.2.2).
<b>Kontinuierlicher Änderungsprozess</b>	Die Digitalisierung ist ein evolutionärer Prozess, der die Produkt- und Geschäftswelt kontinuierlich verändern wird (vgl. Kapitel 2.3) [Pet16, S. 23]. Die Transformationsgeschwindigkeit ist dabei so groß wie bei keinem technologischen Umbruch zuvor [Ste18, S. 33]. Unternehmen sind gefordert, die Digitalisierung dauerhaft in ihre Produktgenerationsentwicklung zu integrieren. Um mit der Geschwindigkeit Schritt halten zu können, ist bereits heute vorzudenken, welche Entwicklungen für die kommenden Jahre angestoßen werden müssen.

**Fazit:** Die Digitalisierung von Produktprogrammen geht mit einer Reihe an Herausforderungen einher. Insbesondere die immense Vielfalt an Digitalisierungsoptionen führt dazu, dass Unternehmen häufig nicht wissen, wie sie ihr Produktprogramm weiterentwickeln können. Lösungsmuster bieten das Potential, dieser Herausforderung wirkungsvoll zu begegnen. Im nachfolgenden Abschnitt wird näher auf die lösungsmusterbasierte Digitalisierung von Produktprogrammen eingegangen.

<sup>39</sup> Die Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern korrespondiert mit der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit (vgl. Abschnitt 1.2).

## 2.5 Lösungsmusterbasierte Digitalisierung von Produktprogrammen

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, wie Produktprogramme auf Basis von Lösungsmustern digitalisiert werden können. Im Fokus stehen dabei sogenannte Innovationsprinzipien der Digitalisierung (vgl. Abschnitt 2.1.6). Vor diesem Hintergrund werden in Abschnitt 2.5.1 die grundsätzlichen Phasen musterbasierten Problemlösens erläutert. In Abschnitt 2.5.2 wird der Einsatz von Lösungsmustern im Kontext der Digitalisierung diskutiert. Abschnitt 2.5.3 stellt Vorteile der Anwendung von Lösungsmustern heraus.

### 2.5.1 Phasen musterbasierten Problemlösens

Nach KOHLS und SCHEITER erfolgt musterbasiertes Problemlösen grundsätzlich in drei generischen Phasen [KS08, S. 2f.], [Ams16, S. 34ff.], [Leh16, S. 32ff.]:

- **Musteridentifikation** (*Pattern Mining*): Gegenstand ist das Erkennen von Mustern, die in der Realität vorliegen und sich zur Lösung des zugrunde liegenden Problems bewährt haben. Nach ALEXANDER lassen sich drei Ansätze unterscheiden: (1) induktives Vorgehen, d.h. „*Beobachtung und Analyse guter Beispiele*“, (2) deduktives Vorgehen, d.h. „*Ableitung auf Basis abstrakter Argumente*“ sowie (3) Mischformen, z.B. „*Beobachtung und Analyse schlechter Beispiele*“ (induktiv) sowie die anschließende „*Herleitung einer Lösung*“ (deduktiv). In der Regel ist die induktive Vorgehensweise das Mittel der Wahl, da Lösungsmuster der Praxis und nicht der Theorie entstammen [Ale79, S. 258f.].
- **Musterdokumentation** (*Pattern Writing*): Die identifizierten Muster werden in einem einheitlichen Schema notiert, um sie Dritten zugänglich zu machen [Dei09, S. 129]. Ferner werden sie in einer Mustersammlung organisiert, wobei drei Typen unterschieden werden: Ein Musterkatalog ist eine Sammlung thematisch zusammengehöriger Muster. Ein Mustersystem enthält zudem die Beziehungen zwischen den Mustern. Eine Mustersprache erhebt darüber hinaus Anspruch auf Vollständigkeit, d.h. sie umfasst alle Muster eines übergeordneten Problembereichs [Sch03, S. 15f.].
- **Musteranwendung** (*Pattern Application*): Die Lösungsmuster werden auf das gegebene Problem übertragen und kontextspezifisch ausgeprägt [KS08, S. 2f.]. Dies wird maßgeblich durch die Verwendung von Musterkatalogen, -systemen und -sprachen unterstützt [Hag05, S. 27]. Die Muster tragen dazu bei, dass die Kreativität zur Findung von Problemlösungen angeregt wird [Csi14, S. 44ff.].

**Fazit:** Im Rahmen der zu entwickelnden Systematik gilt es, die drei Phasen musterbasierten Problemlösens zu berücksichtigen. Zunächst sind Innovationsprinzipien durch ein induktives Vorgehen zu identifizieren. Dazu sind Beispiele zu analysieren, in denen Unternehmen ihre Produkte erfolgreich digitalisiert haben. Im Anschluss sind die Prinzipien in einem einheitlichen Notationsschema zu beschreiben und in einer Mustersammlung zu organisieren. In der vorliegenden Arbeit wird ein Musterkatalog angestrebt. Zuletzt ist ein Verfahren zu entwickeln, das aufzeigt, wie die Prinzipien anzuwenden sind, um Produktprogramme zu digitalisieren.

## 2.5.2 Lösungsmuster im Kontext der Digitalisierung

Lösungsmuster werden bereits seit vielen Jahren erfolgreich in der Produktentstehung eingesetzt [Ams16, S. 30ff.], [Leh16, S. 35ff.], [Ana15, S. 36ff.]. Bild 2-20 gibt einen Überblick über die Anwendung von Lösungsmustern, wobei der Fokus auf Ansätzen<sup>40</sup> mit Bezug zur Digitalisierung liegt und im Sinne der in Abschnitt 2.3 getroffenen Unterscheidung eine Aufschlüsselung in die Bereiche Produkt- und Geschäftswelt erfolgt.

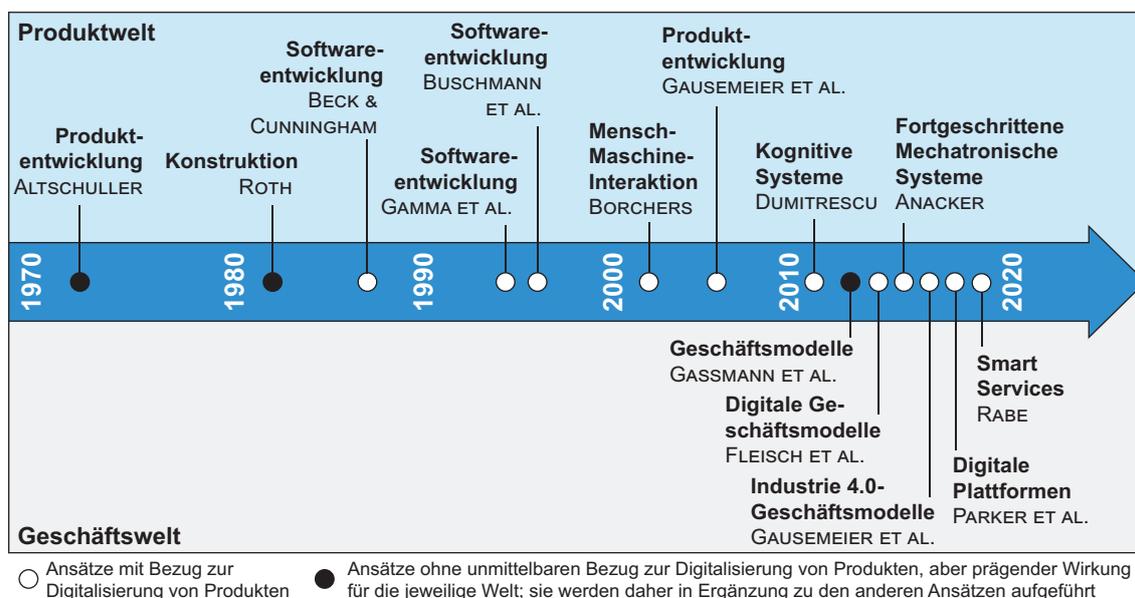


Bild 2-20: Lösungsmuster in der Produktentstehung mit Fokus auf die Digitalisierung (Auswahl) in Anlehnung an [ADE+14b, S. 170], [Leh16, S. 35], [Ana15, S. 38]

### Produktwelt

Einer der ersten musterbasierten Ansätze zur Entwicklung von Produkten stammt von ALTSCHULLER. Er ermittelte im Rahmen einer umfassenden Patentanalyse 40 Innovationsprinzipien, die sich zur Auflösung technischer Widersprüche einsetzen lassen (vgl. Abschnitt 3.3.1). Einen Ansatz zur Nutzung von Lösungsmustern für die Konstruktion Mechanik-zentrierter Systeme stellen die Konstruktionskataloge nach ROTH dar [Rot82]. BECK und CUNNINGHAM, GAMMA ET AL. sowie BUSCHMANN ET AL. liefern bewährte Lösungsprinzipien für die Entwicklung von Software [BC87], [GHJ+94], [BMR+96]. Eine umfassende Sammlung an Mustern zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle führt BORCHERS an [Bor01]. GAUSEMEIER ET AL. präsentieren eine Klassifizierung von Lösungsmustern in der Produktentwicklung, die u.a. auch Muster der digitalen Informationsverarbeitung enthält (vgl. Bild 2-7) [GHK+06]. Ein Ansatz zur Nutzung von Lösungsmustern zur Integration kognitiver Funktionen in mechatronische Systeme wurde von DUMITRESCU entwickelt (vgl. Abschnitt 3.1.1.2). ANACKER zeigt auf, wie der Entwurf mechatronischer Systeme auf Basis von Mustern erfolgen kann (vgl. Abschnitt 3.3.4).

<sup>40</sup> Nicht alle aufgeführten Autoren nutzen den Begriff Lösungsmuster. Aufgrund der Wiederverwendung bestimmter Prinzipien oder Bausteine können diese jedoch im Sinne der in Abschnitt 2.1.6 angeführten Definition als Lösungsmuster interpretiert werden [Leh16, S. 34].

## Geschäftswelt

Der Einsatz von Lösungsmustern in der Geschäftswelt wurde maßgeblich von GASSMANN ET AL. geprägt. Die Autoren liefern 55 allgemeingültige Muster zu Entwicklung von Geschäftsmodellen (vgl. Abschnitt 3.3.2). Muster, die explizit digitale Geschäftsmodelle bzw. Industrie 4.0-Geschäftsmodelle adressieren, stammen von FLEISCH ET AL. sowie GAUSEMEIER ET AL. [FWW14], [GWE+17]. PARKER ET AL. stellen wiederkehrende Prinzipien zum Aufbau digitaler Plattformen vor. Ein Ansatz, der bewährte Bausteine zur Entwicklung von Smart Services nutzt, wurde von RABE entwickelt (vgl. Abschnitt 3.1.2.2).

**Fazit:** Der Lösungsmusteransatz ist in der Produktentstehung etabliert und findet auch im Kontext der Digitalisierung seit langer Zeit Einsatz. In Hinblick auf die Produktwelt ist festzustellen, dass vorwiegend die technische Sicht der Digitalisierung aus der Perspektive einer bestimmten Fachdisziplin adressiert wird (vgl. Abschnitt 2.1.5). In Bezug auf die Geschäftswelt ist festzuhalten, dass sich die bestehenden Muster überwiegend auf spezifische Entwicklungsobjekte wie digitale Plattformen oder Smart Services beziehen. Lösungsmuster im Sinne von Innovationsprinzipien, die sowohl produkt- als auch geschäftsseitige Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten aufzeigen, existieren gegenwärtig noch nicht.

### 2.5.3 Vorteile von Lösungsmustern

In der Literatur werden dem Einsatz von Lösungsmustern eine Reihe von Vorteilen zugeschrieben [Ana15, S. 35f.]. Tabelle 2-3 gibt einen Überblick über relevante Aspekte im Kontext der Digitalisierung von Produkten.

Tabelle 2-3: Vorteile von Lösungsmustern in Anlehnung an [Ams16, S. 34]

Vorteil	Beschreibung
<b>Übertragbarkeit von Lösungswissen</b>	Lösungswissen, das auf Erfahrungen von Entwicklern oder Experten basiert, kann externalisiert werden. Bei der Digitalisierung von Produkten wird so implizit vorhandenes Know-how über Digitalisierungsoptionen, z.B. Digitalisierung der Informationseingabe oder automatische Nachbestellung von Verbrauchsmaterial, Dritten verfügbar gemacht.
<b>Dokumentation und Strukturierung von Lösungswissen</b>	Lösungsmuster sind einheitlich dokumentierbar und somit formal speicherbar. Sie ermöglichen eine Strukturierung von Lösungswissen, z.B. durch die Bildung von Themengebieten, wodurch komplexe Sachverhalte einfacher erfasst werden können. Beispiel: Digitalisierungsoptionen für das Produkt im engeren Sinne sowie Dienstleistungen und Geschäftsmodelle.
<b>Reduktion von Komplexität und Aufwand des Problemlösens</b>	Das Anwenden von Lösungsmustern im Problemlösungsprozess erhöht die Entwicklungseffizienz, da Iterationen und Neuentwicklungen reduziert werden. Darüber hinaus verringern sie die Komplexität, indem Teilprobleme voneinander abgegrenzt werden, z.B. Digitalisierungsoptionen für ein einzelnes Produkt oder ein vernetztes Produkt- bzw. Ökosystem.
<b>Einheitliche Kommunikationsbasis</b>	Lösungsmuster erleichtern die Kommunikation in Problemlösungsprozessen, da sie wiederkehrende Lösungsbausteine eindeutig benennen. Dadurch ist ein einheitliches Verständnis derjenigen Fachabteilungen sichergestellt, die an der Digitalisierung von Produkten beteiligt sind.
<b>Förderung der Kreativität</b>	Die abstrakte Form von Lösungsmustern erlaubt eine fallspezifische Ausprägung. Damit liefern die Muster Impulse für die Digitalisierung der unternehmenseigenen Produkte und fördern ein diskursives Vorgehen in kreativen Prozessen.

**Fazit:** Mit Hilfe von Lösungsmustern kann das in vielen Unternehmen fehlende Wissen zur Digitalisierung von Produkten bereitgestellt werden. Aus diesem Grund soll im Rahmen der zu entwickelnden Systematik auf den Lösungsmusteransatz zurückgegriffen werden.

## 2.6 Problemabgrenzung

Im Zeitalter der Digitalisierung sind produzierende Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus und verwandter Branchen wie die Automobilindustrie mit einer tiefgreifenden **Transformation der Produkt- und Geschäftswelt** konfrontiert (vgl. Abschnitt 2.3). In Hinblick auf die Produktwelt ist ein Wandel von mechatronischen Systemen über intelligente technische Systeme hin zu Cyber-physischen Systemen und Smart Products zu verzeichnen (vgl. Abschnitt 2.3.1). Mit Blick auf die Geschäftswelt entstehen rund um die Produkte völlig neue Marktleistungskonzepte wie digitale Plattformen, Smart Services und digitale Ökosysteme, die vielversprechende Potentiale für neue Geschäftsmodelle eröffnen (vgl. Abschnitt 2.3.2). Zentraler Treiber für diese Entwicklungen sind neue technologische Möglichkeiten in Form digitaler Technologien. Die Leistungsfähigkeit digitaler Technologien ist in den vergangenen Jahrzehnten rasant gestiegen – gleichzeitig haben sich die Kosten erheblich reduziert. Infolgedessen ist der Anteil digitaler Technologien in den Erzeugnissen produzierender Unternehmen in der jüngeren Vergangenheit stark angewachsen und wird auch zukünftig weiter zunehmen (vgl. Abschnitt 2.4.1).

Digitalisierte Produkte verfügen über innovative Eigenschaften, die sie von herkömmlichen Produkten abgrenzen. Sie sind adaptiv, robust, vorausschauend, benutzungsfreundlich, vernetzt, autonom, erweiterbar und multifunktional (vgl. Abschnitt 2.4.2). Auf diese Weise stiften sie dem Kunden vielversprechende **Nutzenpotentiale** wie Aufwands- und Kostenreduktion, Zeitersparnis, Risikominimierung, Transparenz oder Qualitätsverbesserung. Aus Unternehmenssicht eröffnen sich attraktive **Erfolgspotentiale** für das Geschäft. Neben Umsatz- und Gewinnsteigerungen können u.a. neue Erlösquellen erschlossen und die Kundenbindung gestärkt werden (vgl. Abschnitt 2.4.3). Um sich im digitalen Zeitalter erfolgreich zu positionieren und die dargelegten Nutzen- und Erfolgspotentiale zu erschließen, sind Unternehmen gefordert, ihr **Produktprogramm zu digitalisieren**.

Die Digitalisierung des Produktprogramms geht mit vielfältigen **Herausforderungen** einher. Hierzu zählen insbesondere die Ungewissheit der Geschäftsentwicklung, die nahezu unüberschaubare Vielfalt an Digitalisierungsoptionen, die Erweiterung des Wettbewerbs aufgrund sich auflösender Branchengrenzen und neu aufkommender Start-ups, die Veränderung der Differenzierung hin zu digitalen Produktfeatures, Services und Geschäftsmodellen, die ganzheitliche Anpassung aller Produktgruppen über mehrere Produktgenerationen sowie die Steigerung der Programmkomplexität in Folge digitalisierter Varianten (vgl. Abschnitt 2.4.5). Es besteht folglich **Bedarf** für eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen, die die genannten Herausforderungen adressiert und eine umfassende methodische Unterstützung zu deren Überwindung bereitstellt. Es lassen sich vier grundlegende Handlungsfelder für die zu entwickelnde Systematik identifizieren, deren Zusammenspiel in Bild 2-21 am Beispiel eines Produktprogramms für Werkzeugmaschinen dargestellt ist. Das erste Handlungsfeld hat übergeordneten Charakter. Die übrigen Handlungsfelder bauen auf diesem auf und stellen bedeutende Teilaspekte bei der Digitalisierung von Produktprogrammen heraus.

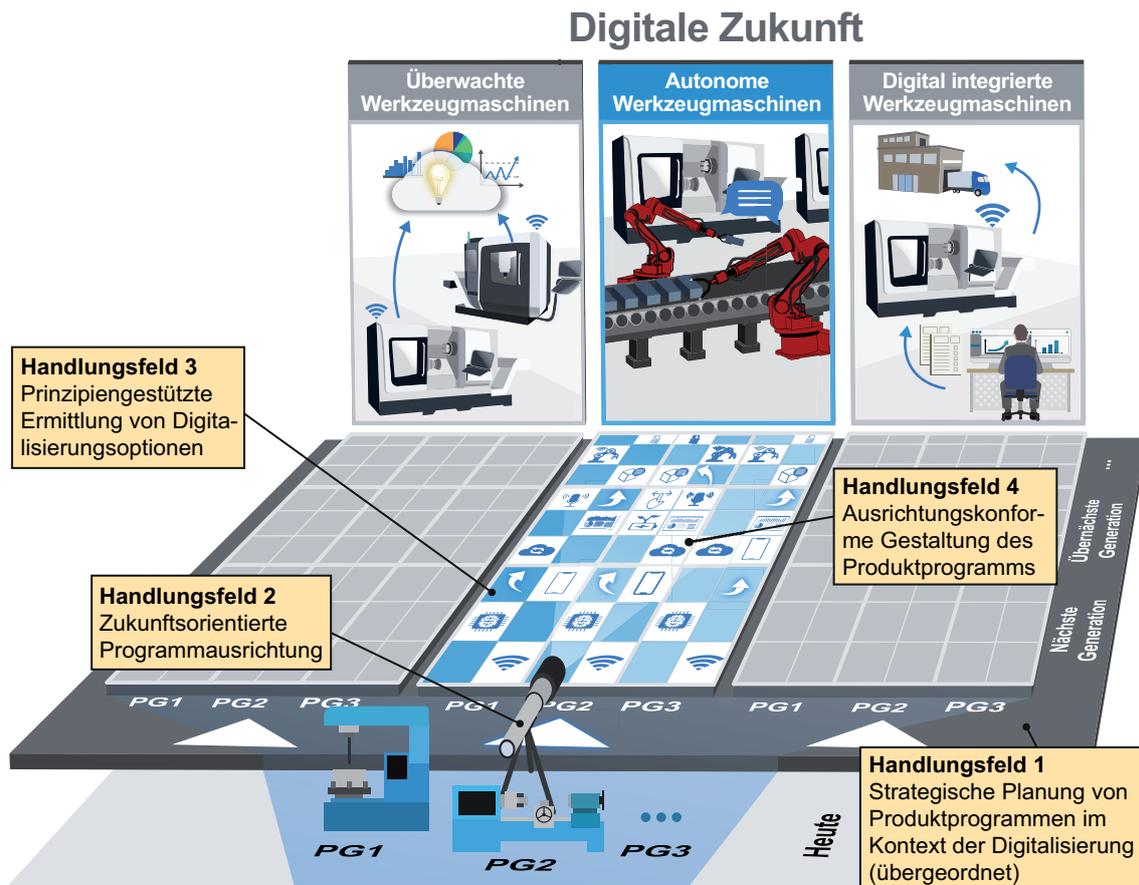


Bild 2-21: Handlungsfelder für die angestrebte Systematik

### Handlungsfeld 1: Strategische Planung von Produktprogrammen im Kontext der Digitalisierung (übergeordnet)

Die Digitalisierung des Produktprogramms erfordert einen strategischen Planungsprozess, der im Sinne der gesellschaftlichen Sichtweise zu aussichtsreichen Innovationen führt, eine differenzierte Betrachtung aller Produktgruppen sicherstellt, eine schrittweise Weiterentwicklung über verschiedene Produktgenerationen ermöglicht und den Kunden in den Mittelpunkt des Entwicklungsgeschehens rückt (vgl. Abschnitte 2.1.5 und 2.4.3). Dabei ist der Planungsprozess nicht ausschließlich auf die Produktperspektive zu beschränken – es sind auch digitale Services und digitale Geschäftsmodelle rund um das Produkt ins Kalkül zu ziehen (vgl. Abschnitte 2.2.2 und 2.3).

### Handlungsfeld 2: Zukunftsorientierte Programmausrichtung

Um die Weiterentwicklung des Produktprogramms ausgehend von der heutigen Situation systematisch planen zu können, bedarf es eines Zielbildes, das beschreibt, wie das Produktprogramm in der digitalen Zukunft voraussichtlich aussehen wird und welche Erfolgspotentiale sich daraus ergeben (vgl. Abschnitte 2.2.1 und 2.4.5). Anhand des Zielbildes kann das Produktprogramm fokussiert ausgerichtet werden. Ohne eine zukunftsorientierte Programmausrichtung ist eine synergetische und konzertierte Weiterentwicklung des Produktprogramms nur schwer möglich.

### **Handlungsfeld 3: Prinzipiengestützte Ermittlung von Digitalisierungsoptionen**

Zur Erreichung des Zielbildes sind konkrete Digitalisierungsoptionen zu ermitteln. Die Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produktprogrammen sind jedoch mannigfaltig, was es Unternehmen erschwert, die für sie Erfolg versprechenden Optionen zu erkennen (vgl. Abschnitt 2.4.5). Ein vielversprechender Ansatz, um bewährte Möglichkeiten aufzuzeigen, sind Lösungsmuster. Gemäß der in der vorliegenden Arbeit verfolgten innovationsorientierten Betrachtungsweise gilt es Innovationsprinzipien abzuleiten, einheitlich zu dokumentieren und für die Ermittlung von Digitalisierungsoptionen nutzbar zu machen (vgl. Abschnitt 2.5).

### **Handlungsfeld 4: Ausrichtungskonforme Gestaltung des Produktprogramms**

Aus der Vielzahl an denkbaren Digitalisierungsoptionen gilt es diejenigen auszuwählen, die konform zur gewählten Ausrichtung des Produktprogramms sind und dem Kunden einen erkennbaren Nutzen stiften. Die Optionen sind in konkrete Lösungen zu überführen und in das Produktprogramm zu integrieren. Bei der Gestaltung des Produktprogramms ist darauf zu achten, die zusätzlich erzeugte Variantenvielfalt gering zu halten. Einen signifikanten Komplexitätsanstieg infolge der Digitalisierung des Produktprogramms gilt es zu vermeiden (vgl. Abschnitte 2.2.2 und 2.4.5).

## **2.7 Anforderungen an die Systematik**

In den Abschnitten 2.1 bis 2.6 wurde die der Arbeit zugrunde liegende Problemstellung umfassend analysiert. Auf Basis der Erkenntnisse werden im Folgenden Anforderungen an eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen abgeleitet. Die Anforderungen gliedern sich entlang der zuvor definierten Handlungsfelder und konkretisieren diese in Hinblick auf die geforderte Leistungsfähigkeit der Systematik.

### **Anforderungen an die strategische Planung von Produktprogrammen im Kontext der Digitalisierung (übergeordnet)**

**A1) Systematische Erschließung der Innovationspotentiale der Digitalisierung:** Die Digitalisierung durchdringt alle Branchen und Lebensbereiche und ist im Sinne der gesellschaftlichen Sichtweise ein Schlüsseltreiber für Produktinnovationen sowie damit verbundenen Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen (vgl. Abschnitte 2.1.5 und 2.3). Die Systematik soll Unternehmen dabei unterstützen, das breite Spektrum der Innovationspotentiale zu erkennen und für ein gegebenes Produktprogramm systematisch zu erschließen.

**A2) Ganzheitliche und evolutionäre Digitalisierung des Produktprogramms:** Unternehmen sind gefordert, ihr gesamtes Produktprogramm weiterzuentwickeln und nicht nur singuläre Produkte zu digitalisieren (vgl. Abschnitt 2.4.5). Die entwicklungsbezogene Planung findet dabei üblicherweise auf der Hierarchieebene der Produktgruppen statt

(vgl. Abschnitt 2.1.2). Darüber hinaus ist die Digitalisierung keine sprunghafte Entwicklung, sondern ein kontinuierlicher Prozess, der sich sukzessive über einen langen Zeitraum vollzieht (vgl. Abschnitt 2.3). Die schrittweise Weiterentwicklung von Produkten bzw. Produktgruppen erfolgt derweil in aufeinander folgenden Produktgenerationen (vgl. Abschnitt 2.2.2). Die Systematik soll sowohl eine ganzheitliche Weiterentwicklung des Produktprogramms ermöglichen als auch dem evolutionären Charakter der Digitalisierung gerecht werden. Dazu ist für jede Produktgruppe einzeln zu planen, in welcher Produktgeneration sie in welchem Umfang und auf welche Weise digitalisiert wird.

**A3) Konsequente Fokussierung auf den Kundennutzen:** Unternehmen sind bei der Digitalisierung ihres Produktprogramms mitunter bestrebt, eine größtmögliche Anzahl an Digitalisierungsoptionen zu realisieren, um eine möglichst einmalige Position im Wettbewerb einzunehmen. Digitalisierung darf jedoch nicht zum Selbstzweck erfolgen, sondern muss stets einen Nutzen für den Kunden stiften (vgl. Abschnitt 2.4.3). Die Systematik muss daher durchgängig eine konsequente Fokussierung auf den Kundennutzen sicherstellen.

**A4) Berücksichtigung digitaler Dienstleistungen und Geschäftsmodelle:** Zur Digitalisierung des Produktprogramms sind die einzelnen Produktgruppen mit digitalen Features auszustatten (vgl. Abschnitte 2.3.1 und 2.4.1). Darüber hinaus ermöglichen digitalisierte Produkte jedoch auch digitale Dienstleistungen und Geschäftsmodelle (vgl. Abschnitt 2.3.2). Eine ausschließliche Weiterentwicklung der Produkte in Form zusätzlicher Features greift folglich zu kurz. Es sind ebenso digitale Dienstleistungen und Geschäftsmodelle rund um das Produktprogramm herum in den Planungsprozess einzubeziehen.

#### **Anforderungen an die zukunftsorientierte Programmausrichtung**

**A5) Bestimmung des gegenwärtigen Digitalisierungsgrads:** Grundlage für eine fundierte strategische Ausrichtung des Produktprogramms ist die Kenntnis des gegenwärtigen Digitalisierungsgrads. Zur Bestimmung des Digitalisierungsgrads ist eine geeignete Metrik zu erarbeiten. Die Metrik soll sich am Vergleichskollektiv des eigenen Marktes orientieren (vgl. Abschnitt 2.4.4) und sowohl Aussagen auf Ebene der einzelnen Produktgruppen als auch auf Ebene des gesamten Produktprogramms ermöglichen.

**A6) Vorausdenken der digitalen Zukunft und Ableitung einer Digitalisierungsstoßrichtung:** Die Digitalisierung kann zu disruptiven Veränderungen von Produkten, Märkten und Geschäftsumfeldern führen. Inwiefern sich ihr Geschäft konkret wandeln wird, ist für Unternehmen jedoch ungewiss (vgl. Abschnitte 2.3 und 2.4.5). Die Systematik soll daher das Vorausdenken der digitalen Zukunft unterstützen (vgl. Abschnitt 2.2.1). Es gilt denkbare Zukunftsbilder zu entwickeln, aus denen ein wahrscheinliches und wünschenswertes Zielbild auszuwählen ist. Auf Basis des Zielbilds und des gegenwärtigen Digitalisierungsgrads ist eine strategische Stoßrichtung zur Ausrichtung des Produktprogramms abzuleiten.

## **Anforderungen an die prinzipiengestützte Ermittlung von Digitalisierungsoptionen**

**A7) Induktive Identifikation und nutzungsfreundliche Bereitstellung von Innovationsprinzipien:** Die Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten sind nahezu unüberschaubar. Vor diesem Hintergrund mangelt es vielen Unternehmen an Orientierung und Wissen bei der Weiterentwicklung ihres Produktprogramms (vgl. Abschnitt 2.4.5). Im Rahmen der Systematik sollen Innovationsprinzipien genutzt werden, um bewährte Digitalisierungsoptionen aufzuzeigen. Die Ermittlung der Innovationsprinzipien soll induktiv erfolgen, d.h. durch die Analyse von Produkten, die bereits erfolgreich digitalisiert wurden. Die Prinzipien sind einheitlich zu dokumentieren und in einem Musterkatalog zu systematisieren (vgl. Abschnitt 2.5.1). Um sie in der Praxis effizient einsetzen zu können, sollen sie darüber hinaus in nutzungsfreundlicher Form bereitgestellt werden.

**A8) Systematische Anwendung der Innovationsprinzipien zur Optionsermittlung:** Die Innovationsprinzipien sind in ein übergeordnetes methodisches Vorgehen einzubetten, das eine systematische Ermittlung von Digitalisierungsoptionen ermöglicht (vgl. Abschnitt 2.5.1). Im Sinne einer zielgerichteten Suche ist dabei die gewählte strategische Ausrichtung des Produktprogramms zu berücksichtigen. Ferner sind die Probleme und Gewinne der Kunden zu ergründen und in die Optionsermittlung einzubeziehen (vgl. Abschnitt 2.4.3). Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass unter Anwendung der Prinzipien nur zu solche Optionen resultieren, die dem Kunden einen tatsächlichen Nutzen stiften.

## **Anforderungen an die ausrichtungskonforme Gestaltung des Produktprogramms**

**A9) Spezifikation und Zuordnung von Digitalisierungsoptionen:** Für die ermittelten Digitalisierungsoptionen sind technische Lösungen auf Basis digitaler Technologien zu spezifizieren und allgemein verständlich zu beschreiben (vgl. Abschnitt 2.4.1). Auf diese Weise soll ein einheitliches Verständnis bei allen beteiligten Fachdisziplinen sichergestellt werden. Ferner sind die spezifizierten Optionen den einzelnen Produktgruppen und Produktgenerationen des Produktprogramms gemäß der definierten strategischen Ausrichtung zuzuordnen. Auf diese Weise kann die Weiterentwicklung des Produktprogramms im Kontext der Digitalisierung systematisch geplant werden.

**A10) Einschränkung der durch die Digitalisierung erzeugten Produktvarianten:** Durch die Digitalisierung des Produktprogramms entstehen in der Regel neue Produktvarianten, was sich in einer gesteigerten Programmkomplexität niederschlägt (vgl. Abschnitt 2.2.2). In der Folge besteht die Gefahr, dass etwaige Umsatz- oder Gewinnsteigerungen (vgl. Abschnitt 2.4.3) durch einen Anstieg der komplexitätsbedingten Herstellkosten neutralisiert werden. Die Systematik soll Unternehmen daher dabei unterstützen, die Anzahl neu erzeugter Produktvarianten gering zu halten.

### 3 Stand der Technik

In diesem Kapitel werden Methoden und Ansätze aus dem Stand der Technik diskutiert und vor dem Hintergrund der Anforderungen aus Abschnitt 2.7 analysiert. Ziel ist ein systematisch abgeleiteter Handlungsbedarf für die Entwicklung einer Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen. In Abschnitt 3.1 werden Ansätze zur Digitalisierung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen untersucht. Abschnitt 3.2 umfasst Ansätze zur Planung und Weiterentwicklung von Leistungsprogrammen und Geschäftsmodellportfolios. Ansätze zur musterbasierten Entwicklung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen sind Gegenstand von Abschnitt 3.3. In Abschnitt 3.4 werden ergänzende Ansätze der strategischen Produktplanung betrachtet. Abschnitt 3.5 umfasst den Abgleich der Anforderungen mit dem zuvor dargelegten Stand der Technik. Aus diesem Abgleich resultiert der Handlungsbedarf für die vorliegende Arbeit.

#### 3.1 Ansätze zur Digitalisierung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen

Die Problemanalyse zeigt den Bedarf für eine Systematik, die Unternehmen dazu befähigt, ihr Produktprogramm zu digitalisieren. Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend Ansätze zur Digitalisierung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen untersucht. Gegenstand von Abschnitt 3.1.1 sind Ansätze zur Digitalisierung der Produktwelt. Abschnitt 3.1.2 widmet sich Ansätzen zur Digitalisierung der Geschäftswelt (vgl. Abschnitt 2.3).

##### 3.1.1 Ansätze zur Digitalisierung der Produktwelt

Die Digitalisierung ermöglicht einen Innovationssprung von mechatronischen Systemen über Intelligente Technische Systeme (ITS) bis hin zu Cyber-Physischen Systemen (CPS) und Smart Products (vgl. Abschnitt 2.3.1). In diesem Abschnitt werden daher Ansätze analysiert, die die Realisierung dieses Innovationssprungs adressieren.

###### 3.1.1.1 Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme nach IWANEK

Die Systematik zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme nach IWANEK besteht aus einem Stufenmodell zur Steigerung der Intelligenz, Methoden zur Planung der Umsetzung von intelligentem Verhalten, einem Vorgehensmodell zur Steigerung der Intelligenz sowie Hilfsmitteln zur Förderung der Kommunikation und Spezifikation [Iwa17, S. 91f.]. Nachfolgend werden das Stufen- und das Vorgehensmodell untersucht.

Das **Stufenmodell** orientiert sich an dem Aufbau eines mechatronischen Systems (vgl. Bild 2-11) und umfasst gemäß Bild 3-2 die Funktionsbereiche *Messen* (Sensorik), *Agieren* (Aktorik) sowie *Steuern und Regeln*, *Identifizieren*, *Adaptieren*, *Optimieren*, *Wissen*

*speichern, Kommunizieren–Benutzer und Kommunizieren–Systeme* (Informationsverarbeitung). Jeder Funktionsbereich ist durch aufeinander aufbauende Leistungsstufen gekennzeichnet. Beispielsweise enthält der Funktionsbereich *Messen* die Leistungsstufen *Kein Einsatz von Sensoren, Einsatz von Sensoren zur Anzeige (ohne Schnittstelle), Erfassung von Grenzzuständen, Stetiges Messen von Messwerten und Messen auf Basis von Beobachtern/Virtueller Sensorik* [Iwa17, S. 93ff.].

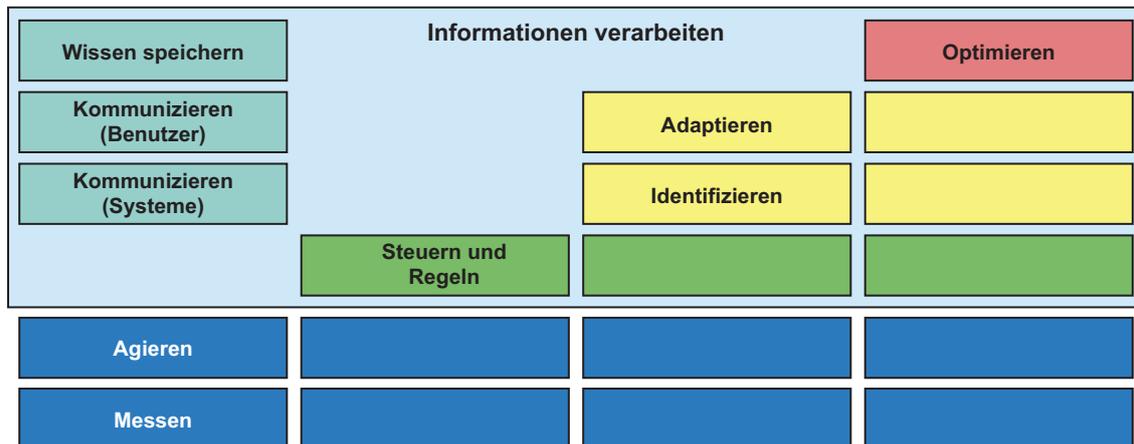


Bild 3-1: Stufenmodell zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme nach IWANEK [Iwa17, S. 94]

Das **Vorgehensmodell** zeigt auf, wie das Stufenmodell anzuwenden ist, um die Intelligenz mechatronischer Systeme zu steigern. Es umfasst die in Bild 3-2 dargestellten Phasen.

**Disziplinübergreifende Systemspezifikation:** Der Prozess, in den das System eingebettet ist, wird spezifiziert und anhand typischer Kennzahlen charakterisiert. Ausgehend davon wird analysiert, auf welchen Leistungsstufen sich das System gegenwärtig befindet. Anschließend werden die Nutzerinteraktionen mit dem System spezifiziert. Ferner erfolgt eine Modellierung des Systems mit Hilfe der Spezifikationstechnik CONSENS [Iwa17, S. 133f.].

**Identifikation von Potentialen:** Anhand des Prozess- und Systemmodells werden Schwachstellen sowie deren Ursachen und Folgen analysiert. Mit Hilfe des Stufenmodells werden im Nachgang Potentiale zur Weiterentwicklung des Systems identifiziert. Ziel ist eine Vermeidung bzw. verbesserte Behandlung der Schwachstellen durch den Sprung auf eine höhere Leistungsstufe. Die Schwachstellen, deren Ursachen und Folgen sowie die daraus abgeleiteten Potentiale werden in einem modifizierten Fehlerbaum abgebildet [Iwa17, S. 135f.].

**Spezifikation von Lösungsideen:** Die identifizierten Potentiale werden zu Lösungsideen konkretisiert und in Form von modellbasierten Ideensteckbriefen spezifiziert. Diese beinhalten eine Beschreibung der Idee, die Motivation der Idee, den Nutzen und kritische Umsetzungspunkte sowie Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der Idee [Iwa17, S. 136].

**Ermittlung von Handlungsoptionen:** Zunächst werden Kriterien in den Dimensionen Nutzen und Aufwand definiert. Anhand der Kriterien werden die Lösungsideen anschlie-

End bewertet. In diesem Kontext sind die Methoden zur Planung und Umsetzung von intelligentem Verhalten zu berücksichtigen, um z.B. den Umsetzungsaufwand besser bestimmen zu können. Zuletzt werden die Ideen klassifiziert und priorisiert [Iwa17, S. 137f.].

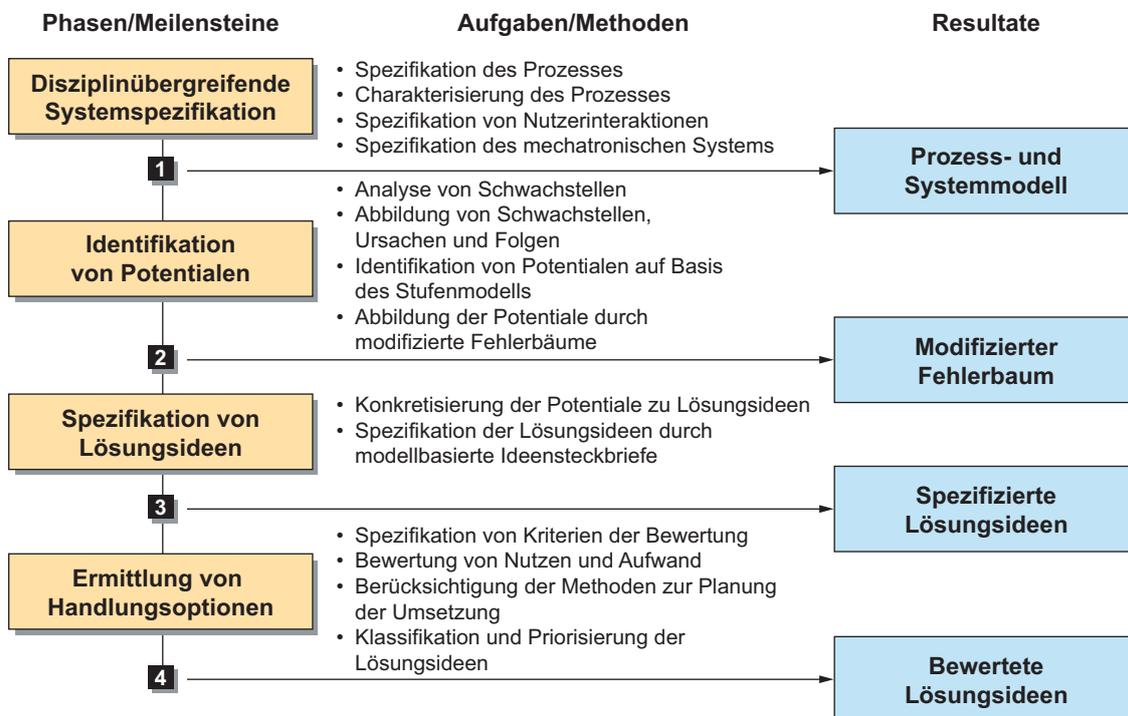


Bild 3-2: Vorgehensmodell zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme nach IWANEK [Iwa17, S. 133]

### Bewertung:

IWANEK liefert ein systematisches Vorgehen zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme. Basis des Ansatzes bildet ein Stufenmodell, das idealtypische Leistungsstufen in den einzelnen Funktionsbereichen eines mechatronischen Systems bereitstellt und auf diese Weise Ansatzpunkte für die Integration digitaler Funktionen aufzeigt. Das Stufenmodell ermöglicht eine evolutionäre Weiterentwicklung eines Systems durch eine schrittweise Erhöhung der Leistungsstufen. Mit Blick auf die zu entwickelnde Systematik erscheint ein solches Stufenmodell allerdings aus folgenden Gründen nicht zielführend: Einerseits adressiert es vorrangig die technische Sichtweise der Digitalisierung – in der vorliegenden Arbeit wird hingegen die digitale Transformation des Geschäfts betrachtet, was neben digitalen Produktinnovationen auch digitale Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen einschließt (Smart Services, digitale Ökosysteme etc.). Andererseits ist es durch die fest definierten Stufen relativ statisch, was einer flexiblen Anwendung in unterschiedlichen Geschäftsumfeldern entgegensteht. Darüber hinaus fokussiert der Ansatz die Weiterentwicklung eines singulären Produkts. Eine ganzheitliche Digitalisierung des Produktprogramms sowie eine strategische Ausrichtung vor dem Hintergrund der digitalen Zukunft werden nicht unterstützt. Eine wesentliche Stärke ist jedoch die systematische Identifikation von Schwachstellen, was u.a. eine Analyse der Nutzerinteraktionen einschließt.

### 3.1.1.2 Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme nach DUMITRESCU

Die Entwicklungssystematik zur Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme nach DUMITRESCU umfasst ein Vorgehensmodell, eine Technik zur Systembeschreibung, wiederverwendbares Lösungswissen auf Basis eines Musteransatzes sowie eine Werkzeugunterstützung [Dum11, S. 95f.]. Im Folgenden wird der Untersuchungsfokus auf das Vorgehensmodell, den Musteransatz und die Werkzeugunterstützung gelegt.

Das **Vorgehensmodell** zur Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme ist in Bild 3-3 dargestellt. Es umfasst vier Phasen, die nachfolgend erläutert werden.

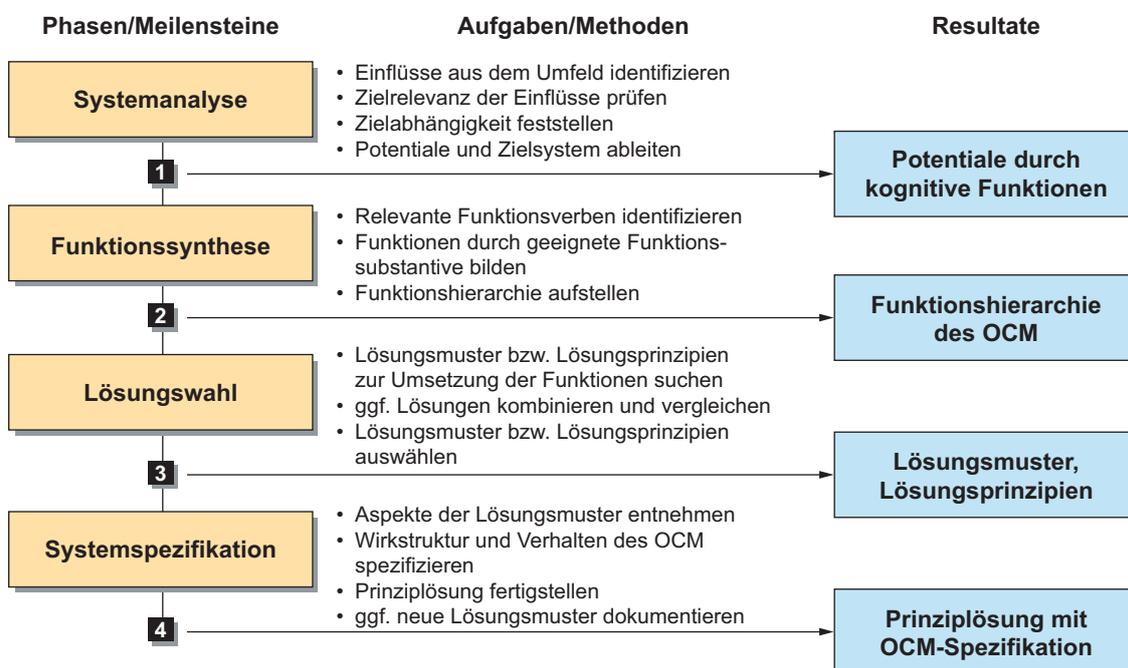


Bild 3-3: Vorgehensmodell zur Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme nach DUMITRESCU [Dum11, S. 100]

**Systemanalyse:** Zunächst werden Einflüsse und korrespondierende Ausprägungen aus dem Umfeld identifiziert. Im Anschluss werden die Auswirkungen der Einflussausprägungen auf die Zielpriorität der Systemziele ermittelt. Ferner werden im Rahmen einer Kombinationsanalyse relevante Situationen aus den Einflussausprägungen gebildet. Für jede Situation wird die Zielpriorität ermittelt, wodurch sich die Zielabhängigkeit des Systems feststellen lässt. Eine Zielabhängigkeit ist dann gegeben, wenn die Ziele über alle Situationen hinweg unterschiedlich priorisiert sind und/oder ein hoher Anteil geteilter Ziele besteht. Für den Fall, dass sich eine Zielabhängigkeit ergibt, werden das Zielsystem aufgestellt und Potentiale für die Integration kognitiver Funktionen abgeleitet. Andernfalls ist das Vorgehensmodell beendet und es können klassische Entwurfsmethoden für die weitere Entwicklung eingesetzt werden [Dum11, S. 102ff.].

**Funktionssynthese:** Die zu realisierende kognitive Informationsverarbeitung wird anhand einer Funktionshierarchie lösungsneutral beschrieben. Dabei wird der Entwickler durch einen Funktionsverbkatalog und eine vorstrukturierte Entwurfsschablone unterstützt [Dum11, S. 104f.].

**Lösungswahl:** Es werden Lösungen zur Realisierung der Funktionen ermittelt. Hierzu werden geeignete Lösungsmuster in der Wissensbasis gesucht und ausgewählt. Falls kein passendes Lösungsmuster vorhanden ist, besteht die Möglichkeit, nach kognitionsrelevanten Verfahren zu suchen (Lösungsprinzipien) [Dum11, S. 105f.].

**Systemspezifikation:** Gegenstand ist die Spezifikation des für die Informationsverarbeitung zuständigen Teilsystems, das sog. Operator-Controller-Modul (OCM). Dies umfasst die Erstellung einer Wirkstruktur und die Beschreibung des Systemverhaltens (Aktivitäten und Zustände), wobei auf das Lösungswissen in den Lösungsmustern zurückgegriffen wird. Zusätzlich wird die Erarbeitung der Wirkstruktur durch eine Entwurfsschablone und vordefinierte Systemelemente der Informationsverarbeitung unterstützt. Im Ergebnis liegt eine Prinziplösung mit OCM-Spezifikation vor [Dum11, S. 106f.].

Der **Musteransatz** umfasst Lösungsmuster für fortgeschrittene mechatronische Systeme sowie eine Klassifikation kognitionsrelevanter Verfahren. Die Lösungsmuster werden einheitlich anhand der Aspekte *Merkmale, Funktionen, Wirkstruktur, Verhalten, Lösungsprinzipien* und *Kontext* spezifiziert und sind entlang der Struktur eines Operator-Controller-Moduls gegliedert. Die kognitionsrelevanten Verfahren sind in die vier Klassen *kontinuierliche Optimierungsverfahren, diskrete Optimierungsverfahren, Planverfahren* und *Lern-/Klassifikationsverfahren* unterteilt [Dum11, S. 128ff.].

Die **Werkzeugunterstützung** besteht aus einer Lösungsmusterwissensbasis und einem Zugriffssystem, das eine gezielte Suche und Auswahl dokumentierter Lösungsmuster erlaubt. Die Lösungsmusterwissensbasis enthält eine Lösungsmusterdatenbank und eine Verfahrensdatenbank [Dum11, S. 156ff.].

### **Bewertung:**

DUMITRESCU stellt eine wohlstrukturierte Systematik zur Entwicklung fortgeschrittener mechatronischer Systeme mit intelligentem Verhalten bereit. Kern ist die Spezifikation einer kognitiven Informationsverarbeitung durch digitale Funktionen. Im Rahmen der Systematik erfolgt ein Rückgriff auf Lösungsmuster, wobei offen gelassen wird, wie diese konkret ermittelt werden. Eine nutzungsfreundliche Bereitstellung des Lösungswissens ist durch die Werkzeugunterstützung gegeben. Insgesamt fokussiert der Ansatz die technische Sichtweise der Digitalisierung mit klarem Schwerpunkt auf die Informationsverarbeitung. Das breite Spektrum der Innovationspotentiale der Digitalisierung über Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle wird nur unzureichend betrachtet. Eine strategische Ausrichtung des gesamten Produktprogramms sowie eine evolutionäre Weiterentwicklung in Form von verschiedenen Produktgenerationen werden nicht unterstützt. Auch eine Fokussierung auf den Kundennutzen ist nur in Ansätzen gegeben.

### 3.1.1.3 Integration kognitiver Funktionen in Produktkonzepte nach METZLER

Die Systematik nach METZLER beinhaltet eine Taxonomie und Modellierungssprache für kognitive Funktionen (functional model), einen Entwicklungsprozess für kognitive Produkte (procedural model) sowie eine Methode zur Integration kognitiver Funktionen in Produktkonzepte (method) [Met16, S. 125ff.]. Im Weiteren wird die Methode analysiert.

Die Methode umfasst sieben Phasen, die in Bild 3-4 dargestellt sind. Startpunkt der Methode kann entweder die Weiterentwicklung eines bestehenden Produkts (Bottom-up-Ansatz) oder die Entwicklung eines neuen Produkts (Top-down-Ansatz) sein, wobei letztere häufig auch auf bestehenden Produkten basiert [Met16, S. 144ff.].

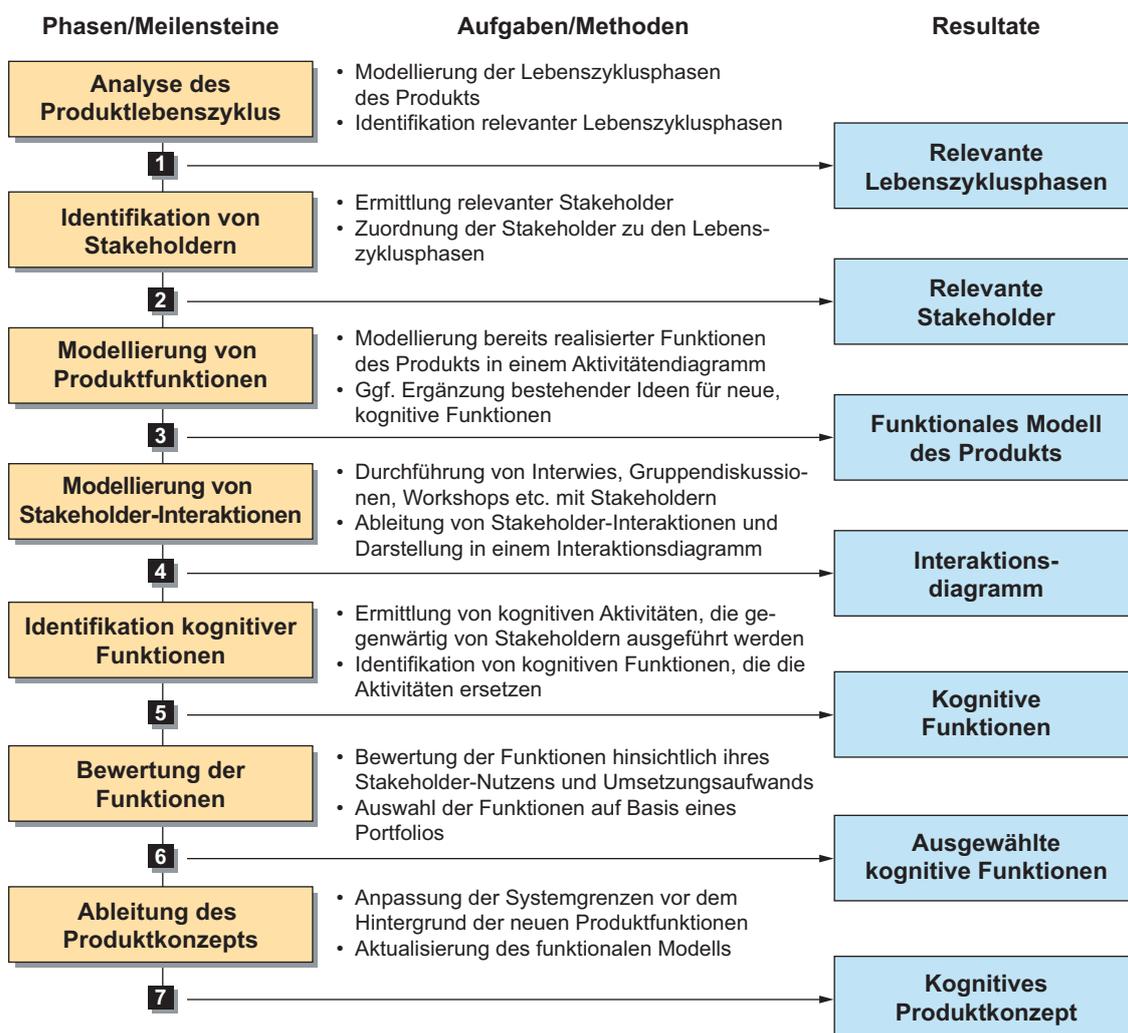


Bild 3-4: Vorgehensmodell zur Integration kognitiver Funktionen in Produktkonzepte nach METZLER; eigene Darstellung in Anlehnung an [Met16, S. 141ff.]

**Analyse des Produktlebenszyklus:** Zunächst werden die einzelnen Lebenszyklusphasen des Produkts modelliert. Im Anschluss werden diejenigen Phasen identifiziert, in denen kognitive Produktfunktionen Nutzen stiften können [Met16, S. 146f.].

**Identifikation von Stakeholdern:** In den Lebenszyklusphasen werden relevante Stakeholder ermittelt, die durch die kognitiven Funktionen unterstützt werden sollen. Die Stakeholder werden den Lebenszyklusphasen in einer Tabelle zugeordnet [Met16, S. 147f.].

**Modellierung von Produktfunktionen:** Die bereits realisierten Funktionen des betrachteten Produkts werden in Form eines Aktivitätsdiagramms modelliert. Sofern bereits Ideen für neue, kognitive Funktionen bestehen, können diese an dieser Stelle ebenfalls abgebildet werden [Met16, S. 148ff.].

**Modellierung von Stakeholder-Interaktionen:** Gegenstand ist die Erfassung von Interaktionen zwischen Stakeholdern und dem Produkt. Dazu werden Interviews, Gruppendiskussionen, Workshops etc. mit den Stakeholdern durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Anschluss in ein Interaktionsdiagramm überführt [Met16, S. 150 ff.].

**Identifikation kognitiver Funktionen:** Auf Basis des Interaktionsdiagramms werden kognitive Aktivitäten ermittelt, die gegenwärtig von den Stakeholdern ausgeführt werden. Ausgehend davon werden unter Zuhilfenahme der Taxonomie kognitive Produktfunktionen identifiziert, die die Stakeholder-Aktivitäten ersetzen [Met 16, S. 152].

**Bewertung der Funktionen:** Die kognitiven Produktfunktionen werden in Hinblick auf die Dimensionen Stakeholder-Nutzen und Umsetzungsaufwand bewertet. Hierzu werden verschiedene Kriterien vorgeschlagen. Auf Basis der Bewertungsdimensionen wird ein Portfolio aufgespannt, das eine Auswahl umzusetzender Funktionen erlaubt [Met16, S. 153ff.].

**Ableitung des kognitiven Produktkonzepts:** Vor dem Hintergrund der neuen Produktfunktionen erfolgt eine Anpassung der Systemgrenzen. Zusätzlich wird das funktionale Modell aktualisiert. Es resultiert ein Konzept für das kognitive Produkt [Met16, S. 157].

#### **Bewertung:**

METZLER präsentiert eine stringente Systematik, um Produkte mit kognitiven Funktionen auszustatten. Die Identifikation derartiger Funktionen wird durch die Taxonomie und die Analyse von Stakeholder-Interaktionen methodisch unterstützt. Eine Fokussierung auf den Kundennutzen ist durch die Stakeholder-Einbindung und die entsprechende Bewertungsdimension genauso gegeben wie eine Spezifikation der Produktfunktionen. Die Innovationspotentiale der Digitalisierung in Hinblick auf Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle werden durch die Fokussierung auf kognitive Funktionen jedoch nur teilweise adressiert. Darüber hinaus lässt der Ansatz eine ganzheitliche und evolutionäre Produktprogrammplanung vermissen. Eine strategische Ausrichtung auf Basis von Zukunftsszenarien und eine Bereitstellung von Digitalisierungswissen in Form von Lösungsmustern bzw. Innovationsprinzipien werden ebenfalls nicht abgedeckt.

#### 3.1.1.4 Leitfaden Industrie 4.0 nach ANDERL ET AL.

Der Leitfaden Industrie 4.0 nach ANDERL ET AL. soll insbesondere mittelständische Unternehmen dabei unterstützen, Industrie 4.0-Potentiale für ihre Produkte und Produktion

zu identifizieren. Der Leitfaden besteht aus einem Werkzeugkasten (Bereiche: Produkte und Produktion) und einem Vorgehensmodell zu dessen Anwendung [APW+15, S. 8ff.]. Im Folgenden werden die beiden Bestandteile analysiert, wobei der Fokus auf den Bereich Produkte gelegt wird.

Der **Werkzeugkasten** gliedert das Handlungsfeld Industrie 4.0 in verschiedene Anwendungsebenen und zeigt für jede Ebene fünf technologisch, aufeinander aufbauende Entwicklungsstufen auf (Bild 3-5). In Bezug auf Produkte werden die Anwendungsebenen *Integration von Aktoren und Sensoren, Kommunikation und Connectivity, Funktionalitäten zur Datenspeicherung und Informationsaustausch, Monitoring, Produktbezogene IT-Services* sowie *Geschäftsmodelle um das Produkt* unterschieden [APW+15, S. 11ff.].

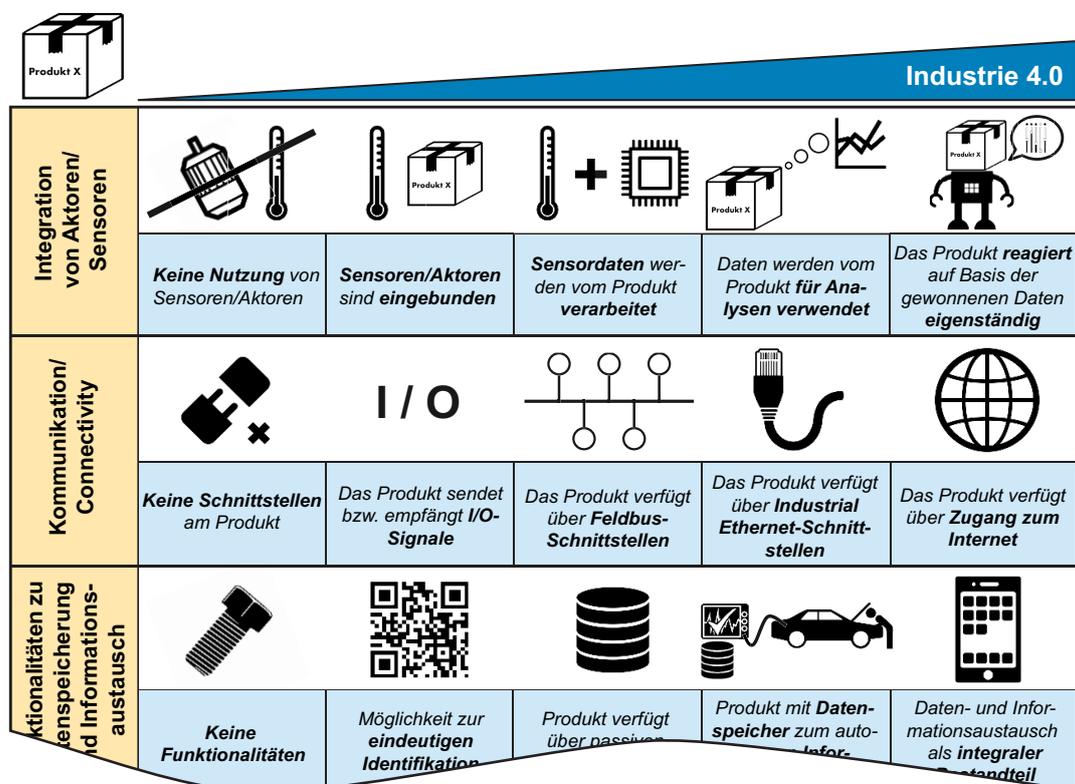


Bild 3-5: Werkzeugkasten für den Bereich Produkte (Ausschnitt) [APW+15, S. 12]

Das **Vorgehensmodell** gliedert sich gemäß Bild 3-6 in fünf Phasen, die in fachdisziplinübergreifenden Workshops durchlaufen werden.

**Vorbereitungsphase:** Ziel ist ein einheitliches Verständnis aller Beteiligten zum Thema Industrie 4.0. Dazu werden elementare Kenntnisse über den eigenen Markt erfasst und Grundlagen zum Thema Industrie 4.0 vermittelt [APW +15, S. 10].

**Analysephase:** Gegenstand ist die Identifikation der im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen. Hierfür werden die eigenen Produkte in die Entwicklungsstufen des Werkzeugkastens eingeordnet [APW +15, S. 10].

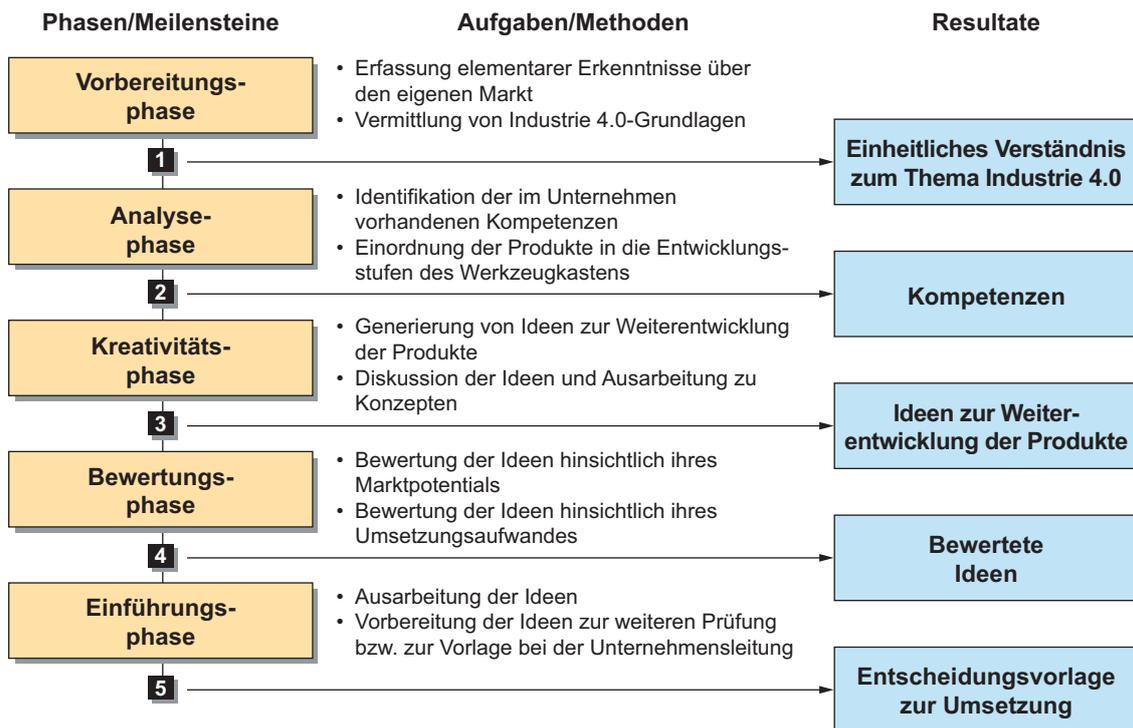


Bild 3-6: Vorgehensmodell des Leitfadens Industrie 4.0 [APW+15, S. 10]

**Kreativphase:** Auf Basis des ermittelten Status Quo werden Ideen zur Weiterentwicklung der Produkte generiert. Die Ideen können sich sowohl auf die Produkte beziehen als auch auf Dienstleistungen und Geschäftsmodelle um das Produkt herum. Die Ideen werden im Workshop-Team diskutiert und zu Konzepten ausgearbeitet [APW+15, S. 10].

**Bewertungsphase:** Die Ideen werden hinsichtlich ihres Marktpotentials und Umsetzungsaufwandes bewertet. Ziel sind Ideen mit hohem Potential bei geringem Ressourceneinsatz bzw. guter Ausnutzung der eigenen Stärken [APW +15, S. 10].

**Einführungsphase:** Abschließend werden die Ideen ausgearbeitet und zur weiteren Prüfung bzw. zur Vorlage bei der Unternehmensleitung vorbereitet [APW +15, S. 10].

#### **Bewertung:**

Der Leitfaden Industrie 4.0 bietet ein pragmatisches Vorgehen, um Ideen zur Weiterentwicklung von Produkten im Kontext der Digitalisierung zu generieren. Die Ideen können sich dabei sowohl auf die Produkte selbst als auch auf produktbezogene Dienstleistungen und Geschäftsmodelle beziehen. Der Werkzeugkasten erlaubt im Sinne eines Reifegradmodells eine evolutionäre Weiterentwicklung entlang der einzelnen Leistungsstufen. Insgesamt ist er jedoch eher durch eine technologische, architekturorientierte Sicht geprägt, da er die Integration von Industrie 4.0-Komponenten wie Sensoren, Aktoren oder Datenspeicher adressiert – eine nutzenorientierte Sicht kommt zu kurz. Die strategische und ganzheitliche Ausrichtung des Produktprogramms und dessen Produktgenerationen vor dem Hintergrund der digitalen Zukunft wird nicht unterstützt.

### 3.1.1.5 Reifegradmodell-basierte Planung von Cyber-Physical Systems nach WESTERMANN

Die Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems (CPS) nach WESTERMANN setzt sich aus einer Referenzarchitektur für CPS, einem Reifegradmodell für CPS, Hilfsmitteln zur Konzipierung von CPS sowie einem Vorgehensmodell zur Planung von CPS zusammen [Wes17, S. 91f.]. Nachfolgend werden insbesondere das Reifegradmodell und das Vorgehensmodell untersucht.

Das **Reifegradmodell** dient dazu, die aktuelle Leistungsfähigkeit eines gegebenen Systems objektiv zu erfassen und zu beurteilen, eine individuelle Zielposition zu definieren sowie eine inkrementelle, evolutionäre Leistungssteigerung zu planen. Das Modell unterteilt sich in eine Komponenten- und eine Gesamtsystemsicht. Auf Komponentenebene werden die Handlungsfelder *Aktorik*, *Sensorik*, *Informationsverarbeitung*, *Kommunikationssystem*, *Human-Machine-Interface*, *Daten* und *Dienste* unterschieden. Die Handlungsfelder entsprechen im Wesentlichen den in der Referenzarchitektur angeführten Bestandteilen eines CPS. Jedes Handlungsfeld ist in einzelne Handlungselemente unterteilt, die durch fünf technologisch aufeinander aufbauende Leistungsstufen charakterisiert sind. Bild 3-7 zeigt exemplarisch die Handlungselemente sowie die zugehörigen Leistungsstufen für das Handlungsfeld *Aktorik* [Wes17, S. 96ff.]. Auf Gesamtsystemebene werden die fünf Leistungsstufen *Überwachung*, *Kommunikation und Analyse*, *Interpretation und Dienste*, *Autonomie* sowie *Kooperation* unterschieden. Jede Leistungsstufe auf Gesamtsystemebene ist durch eine Minimalausprägung der Leistungsstufen auf Komponentenebene beschrieben [Wes17, S. 110ff.].

	Handlungselement	Leistungsstufen				
		1	2	3	4	5
Aktorik	Prozesseingriff	Keine Aktorik	Unstetiger Prozesseingriff	Konstanter Prozesseingriff	Variabler Prozesseingriff	Stetiger Prozesseingriff
	Fähigkeiten zur Beeinflussung physikalischer Vorgänge.	Das System verfügt nicht über Aktorik.	Die Aktorik beeinflusst physikalische Prozesse punktuell, z.B. durch Ein- und Ausschalten der Aktorik.	Die Aktorik beeinflusst physikalische Prozesse konstant mit festen Stellgrößen.	Der Prozesseingriff kann durch fest vorgegebene Stellgrößen variiert werden.	Die Stellgrößen der Aktoren können innerhalb vorgegebener Grenzen flexibel verändert werden.
	Positioniergenauigkeit	Geringe Positioniergenauigkeit	Positioniergenauigkeit mit großer Toleranz	Positioniergenauigkeit mit geringer Toleranz	Hohe Positioniergenauigkeit	Robuste Positioniergenauigkeit
	Fähigkeiten eines Systems, eine gewünschte Position anzufahren.	Die Positioniergenauigkeit der Aktorik ist gering, d.h. in hohem Maße unsicher.	Die Positioniergenauigkeit der Aktorik liegt in einem großen Toleranzbereich, auch ohne Störeinflüsse.	Die Positioniergenauigkeit der Aktorik liegt in einem geringen Toleranzbereich, auch bei geringen Störeinflüssen.	Die Aktorik ermöglicht eine hohe Positioniergenauigkeit, ist jedoch empfindlich gegenüber Störeinflüssen.	Die Aktorik ermöglicht eine hohe Positioniergenauigkeit und ist unempfindlich gegenüber Störeinflüssen.

Bild 3-7: Reifegradmodell für Cyber-Physical Systems aus Komponentensicht für das Handlungsfeld *Aktorik* nach WESTERMANN [Wes17, S. 99]

Das **Vorgehensmodell** umfasst gemäß Bild 3-8 sechs Phasen, wobei in den Phasen 2 bis 4 das Reifegradmodell zur Anwendung kommt. Eingangsgröße sind Erfolgspotentiale zur Weiterentwicklung des betrachteten Systems hin zu einem CPS [Wes17, S. 133ff.].

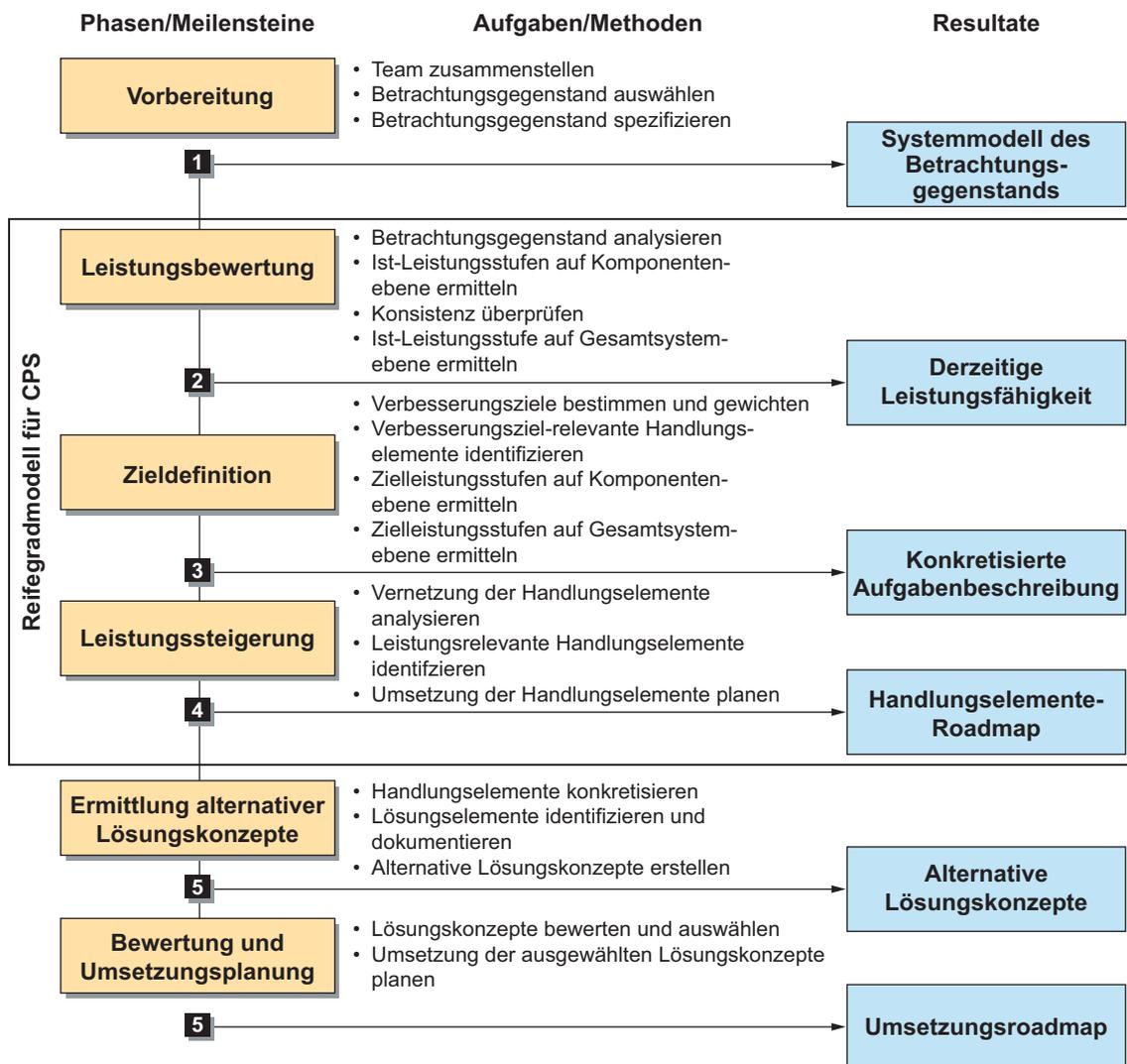


Bild 3-8: Vorgehensmodell zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems nach WESTERMANN [Wes17, S. 134]

**Vorbereitung:** Zu Beginn wird das interdisziplinäre Projektteam zusammengestellt. Ferner wird das zu betrachtende System ausgewählt und anhand der Hilfsmittel zur Konzipierung von CPS spezifiziert. Ergebnis dieser Phase ist ein Systemmodell [Wes17, S. 135].

**Leistungsbewertung:** Zunächst wird das betrachtete System analysiert, indem alle CPS-relevanten Informationen in einer sog. CPS-Canvas erfasst werden. Ausgehend davon werden die Ist-Leistungsstufen des Systems auf Komponentenebene ermitteln. Die Plausibilität der Bewertung wird mit Hilfe einer Konsistenzmatrix überprüft. Im Nachgang wird die Ist-Leistungsstufe auf Gesamtsystemebene ermitteln [Wes17, S. 135f.].

**Zieldefinition:** Gegenstand ist die Definition der Zielposition für das System. Hierzu werden Verbesserungsziele bestimmt und gewichtet. Anschließend wird mit Hilfe einer Zielbeitragsmatrix für jedes Handlungselement auf Komponentenebene der sog. *Zielbeitragsindex* ermitteln. Anhand dieses Kennwerts werden diejenigen Elemente identifiziert, die für

die Zielerreichung besonders relevant sind. Innerhalb dieser Elemente werden Zielleistungsstufen festgelegt. Aus den Zielleistungsstufen auf Komponentenebene werden schließlich die Zielleistungsstufen auf Gesamtsystemebene abgeleitet [Wes17, S. 136ff].

**Leistungssteigerung:** Es wird festgelegt, in welcher Reihenfolge die Handlungselemente angegangen werden sollen, um die Lücke zwischen der derzeitigen Leistungsfähigkeit und der definierten Zielposition zu schließen. Hierzu wird mit Hilfe einer Einflussmatrix für jedes Handlungselement der sog. *Vernetzungsindex* ermittelt. Anhand des *Zielbeitragsindex* und des *Vernetzungsindex* wird ein Portfolio aufgespannt, das die Identifikation besonders leistungsrelevanter Handlungselemente erlaubt. Unter Berücksichtigung der Position der Handlungselemente im Portfolio wird eine grobe Umsetzungsplanung vorgenommen. Resultat ist eine Handlungselemente-Roadmap [Wes17, S. 138f.].

**Ermittlung alternativer Lösungskonzepte:** Auf Basis des eingangs erstellten Systemmodells wird ermittelt, welche Komponenten des Systems für die Leistungssteigerung verbessert werden müssen. Für diese Komponenten werden Lösungselemente identifiziert und in Form von Steckbriefen dokumentiert. Mit Hilfe eines morphologischen Kastens werden anschließend alternative Lösungskonzepte erstellt. Die vielsprechendsten Lösungen werden mit den Hilfsmitteln zur Konzipierung spezifiziert [Wes17, S. 139f.].

**Bewertung und Umsetzungsplanung:** Die Lösungskonzepte werden anhand technischer und wirtschaftlicher Kriterien bewertet. Auf Basis der Bewertungen werden ein oder mehrere Lösungskonzepte zur Umsetzung ausgewählt. Abschließend erfolgt eine Umsetzungsplanung der ausgewählten Konzepte in einer Umsetzungs-Roadmap. Die Umsetzungs-Roadmap stellt eine Konkretisierung der Handlungselemente-Roadmap dar [Wes17, S. 140].

### **Bewertung:**

WESTERMANN liefert eine umfassende Systematik zur Planung von Cyber-Physical Systems auf Basis eines Reifegradmodells. Das Reifegradmodell unterstützt eine evolutionäre Weiterentwicklung von Produkten im Kontext der Digitalisierung und berücksichtigt auch digitale Dienste rund um das Produkt herum. Ferner ermöglicht es prinzipiell eine Bestimmung des gegenwärtigen Digitalisierungsgrads. Die Spezifikation technischer Lösungen zur Erreichung höher gelegener Leistungsstufen im Reifegradmodell erfolgt durch einen morphologischen Kasten und ein Set an Hilfsmitteln zur Konzipierung. Ähnlich wie die Ansätze nach IWANEK und ANDERL ET AL. ist das Reifegradmodell aus einer technischen, architekturorientierten Sicht formuliert, indem es unterschiedliche Leistungsstufen für die Komponenten eines CPS aufzeigt. Eine innovationsorientierte Sicht, die im Sinne der gesellschaftlichen Sichtweise beschreibt, welche nutzenstiftenden Produktfeatures, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle durch die Digitalisierung ermöglicht werden, wird durch das Modell nicht unterstützt (vgl. Abschnitt 2.1.5). Ein Einsatz des Reifegradmodells in der angestrebten Systematik erscheint daher nicht zielführend. Darüber hinaus ermöglicht der Ansatz keine ganzheitliche Digitalisierung des Produktprogramms und vernachlässigt eine wohlüberlegte strategische Ausrichtung desselbigen vor dem Hintergrund der digitalen Zukunft.

### 3.1.2 Ansätze zur Digitalisierung der Geschäftswelt

Die Digitalisierung eröffnet rund um die Produkte eines Unternehmens Potentiale für Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen, die die bestehende Branchenlogik grundlegend verändern können (vgl. Abschnitt 2.3.2). In diesem Abschnitt werden daher Ansätze betrachtet, die die Digitalisierung von Dienstleistungen und Geschäftsmodellen fokussieren.

#### 3.1.2.1 Service-Innovation-Zyklus zur Entwicklung industrieller, datenbasierter Dienstleistungen nach HARLAND ET AL.

Der Service-Innovation-Zyklus nach HARLAND ET AL. dient der Entwicklung datenbasierter Dienstleistungen im Kontext der industriellen Produktion. Er ist an Innovationsprozesse des Service-Engineerings sowie an Prozesse der Serviceinnovation angelehnt [HHJ+17, S. 66]. Das Vorgehen ist in Bild 3-9 dargestellt und umfasst vier Phasen.

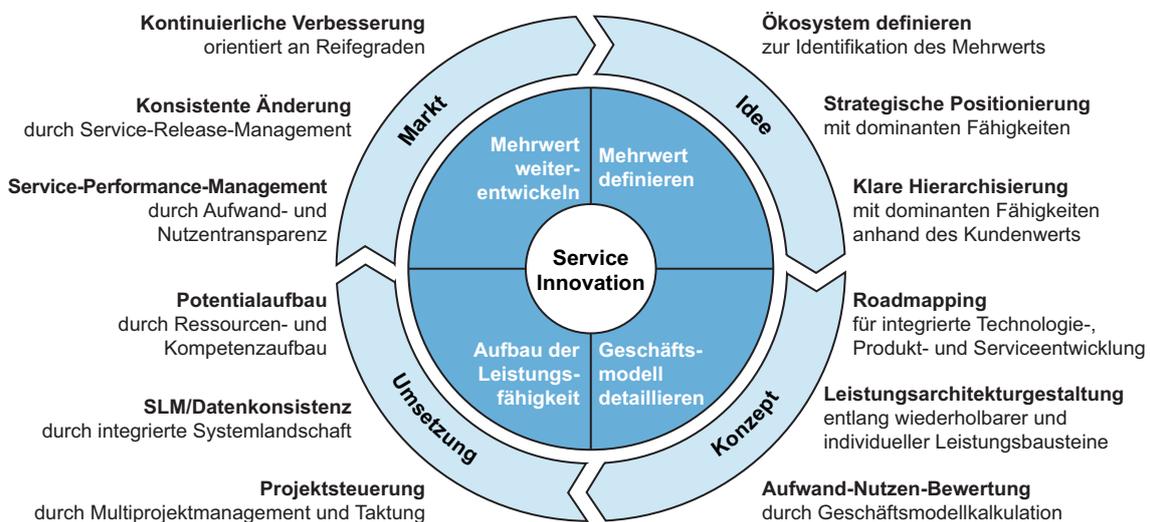


Bild 3-9: Service-Innovation-Zyklus nach HARLAND ET AL. [HHJ+17, S. 67]

**Idee – Mehrwert generieren:** Zu Beginn wird das Ökosystem definiert und analysiert, um aktuelle und zukünftige Kundenbedürfnisse zu identifizieren. Auf Basis der Analyse werden Ideen für neue Services und Geschäftsmodelle generiert. Diese sind so zu positionieren, dass die erkannten Bedürfnisse bestmöglich adressiert werden. Anschließend werden die Ideen anhand ihres Kundenwertes bewertet und hierarchisiert [HHJ+17, S. 67f.].

**Konzept – Geschäftsmodell detaillieren:** Es erfolgt eine integrierte und aufeinander abgestimmte Planung von Technologien, Produkten und Services mit Hilfe von Roadmaps. Zur Konzipierung der datenbasierten Services werden standardisierte und individuelle Leistungsbausteine definiert, wobei die standardisierten Bausteine im Sinne einer Komplexitätsreduktion vorzuziehen sind. Auf Basis einer Aufwand-Nutzen-Bewertung wird schließlich ein Servicekonzept sowie ein damit verbundenes Geschäftsmodell zur Umsetzung ausgewählt [HHJ+17, S. 68].

**Umsetzung – Aufbau der Leistungsfähigkeit:** Bei der Umsetzung des Dienstleistungskonzepts wird nach den Prinzipien des agilen Projektmanagements vorgegangen. Ferner erfolgt ein Aufbau geeigneter IT-Infrastrukturen. Dabei wird auf das Konzept des Service Lifecycle Management (SLM) zurückgegriffen, um alle notwendigen Daten entlang des gesamten Servicelebenszyklus integrieren zu können. Zusätzlich werden die erforderlichen Ressourcen und Kompetenzen zur Erbringung der Dienstleistung im Unternehmen aufgebaut [HHJ+17, S. 68f.].

**Begleitung – Mehrwert weiterentwickeln:** Es wird ein Kennzahlensystem zur Messung der Performance der am Markt befindlichen Dienstleistungen erarbeitet. Auf diese Weise werden Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung der Services identifiziert. Die Umsetzung der Änderungen erfolgt in Form von Service-Releases, die in einer Roadmap geplant werden. Neben der Verbesserung der Serviceleistungen erfolgt auch eine kontinuierliche Verbesserung der Entwicklungsprozesse. Hierbei kommen u.a. Ansätze wie Reifegradmodelle oder Lessons Learned zum Einsatz [HHJ+17, S. 69].

#### **Bewertung:**

HARLANDE ET AL. stellen ein generisches Vorgehen zur Entwicklung datenbasierter Dienstleistungen und damit verbundener Geschäftsmodelle bereit, das ausgehend von der initialen Positionierung und Markteinführung eine kontinuierliche, evolutionäre Weiterentwicklung der Services über den Lebenszyklus vorsieht. Bei der Ideengenerierung werden die heutigen und zukünftigen Kundenbedürfnisse in den Mittelpunkt gestellt. Zudem wird das gesamte Ökosystem betrachtet und analysiert. Im Rahmen der Servicekonzipierung werden standardisierte Leistungsbausteine zur Variantenreduzierung eingesetzt, wenngleich keine Aussage darüber getroffen wird, wie dies konkret erfolgt. Eine Unterstützung der Ideenfindung durch Innovationsprinzipien ist nicht gegeben. Darüber hinaus mangelt es an einer ganzheitlichen Planung des Leistungsprogramms sowie einer strategischen Ausrichtung vor dem Hintergrund der digitalen Zukunft. Insgesamt liefert der Ansatz vielversprechende Hinweise in Bezug auf die Aufgaben der zu entwickelnden Systematik, lässt jedoch offen, wie diese methodisch unterstützt werden können.

#### **3.1.2.2 Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme nach RABE**

Die Systematik zur Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme nach RABE besteht aus einer Referenzarchitektur, Referenzbausteinen, Hilfsmitteln in Form einer Verträglichkeitsmatrix und einer Datenlandkarte sowie einem Vorgehensmodell. Im Folgenden werden die Referenzbausteine und das Vorgehensmodell analysiert [Rab19, S. 92f.].

Die **Referenzbausteine** stellen abstrakte Lösungselemente für Smart Services dar. Sie unterstützen die Ideenfindung und werden im Rahmen der Konzipierung fallspezifisch kombiniert und ausgeprägt. Die Bausteine gliedern sich gemäß der Referenzarchitektur für Smart Services in die vier Aspekte *Anwendungsszenario*, *Erlösmodell*, *Struktur* und *Datenlogik*, wobei jeder Aspekt durch weitere, ordnende Gesichtspunkte charakterisiert ist. Der

Aspekt *Anwendungsszenario* unterteilt sich beispielsweise in die Gesichtspunkte *Assistenz*, *Überwachung*, *Betrieb* und *Optimierung*. Entsprechende Referenzbausteine für den Gesichtspunkt *Assistenz* sind *Digitale Beratung*, *Anleitung* und *Self-Service* sowie *Fernzugriff* [Rab19, S. 110ff.].

Das **Vorgehensmodell** zeigt die Anwendung der einzelnen Bestandteile der Systematik auf. Es umfasst gemäß Bild 3-10 drei Phasen, die nachfolgend erläutert werden.

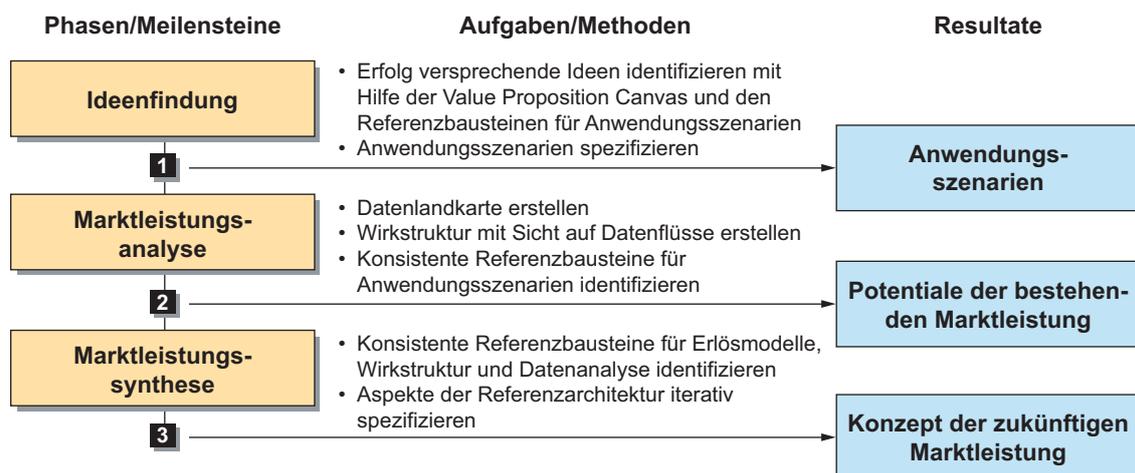


Bild 3-10: Vorgehen zur Konzipierung von Smart Services nach RABE [Rab19, S. 124]

**Ideenfindung:** Ziel sind Erfolg versprechende Ideen für Smart Services in Form von Anwendungsszenarien. Zur Ideenfindung werden die Value Proposition Canvas (vgl. Abschnitt 3.4.2.2) und die Referenzbausteine für Anwendungsszenarien eingesetzt. Zunächst wird das Kundenprofil der Value Proposition Canvas erstellt. Anschließend werden die Referenzbausteine mit dem Kundenprofil abgeglichen. Die resultierenden Ideen werden in einem Steckbrief spezifiziert [Rab19, S. 124ff.].

**Marktleistungsanalyse:** Zunächst wird eine Datenlandkarte für das zugrunde liegende System erstellt. Hierbei dient eine Referenz-Datenlandkarte als Vorlage. Ausgehend davon wird die Wirkstruktur des Systems aufgenommen, wobei nur die bestehenden Datenflüsse zwischen den Systemelementen abgebildet werden. Auf Basis der Datenlandkarte und Wirkstruktur wird ermittelt, welche Referenzbausteine für die Aspekte *Datenlogik* und *System* heute bereits vorhanden sind. Zudem wird aus der Geschäftsplanung ermittelt, welche Referenzbausteine für den Aspekt *Erlösmodell* zukünftig umgesetzt werden sollen. Im Anschluss erfolgt eine Gegenüberstellung der bereits umgesetzten bzw. geforderten Referenzbausteine für die Aspekte *Datenlogik*, *Struktur* und *Erlösmodell* (Zeilen) und den Referenzbausteinen für *Anwendungsszenarien* (Spalten) in der Verträglichkeitsmatrix. Diese Sichtweise wird als vertikale Sicht bezeichnet. Anhand der Matrix wird eine Kennzahl berechnet, die aufzeigt, wie verträglich die Anwendungsszenarien zu dem gegenwärtigen System sind. Vor dem Hintergrund der Verträglichkeit werden die initialen Ideen aus der ersten Phase konsolidiert, angepasst und weiter ausgeprägt [Rab19, S. 126ff.].

**Marktleistungssynthese:** Es werden konsistente Referenzbausteine für die Aspekte *Erlösmodell*, *Struktur* und *Datenlogik* identifiziert, die zur Umsetzung der Smart Services erforderlich sind, gegenwärtig aber noch nicht im System integriert sind. Hierzu werden die Referenzbausteine für die *Anwendungsszenarien* (Zeilen) den Referenzbausteinen für die übrigen Aspekte (Spalten) gegenübergestellt, was als horizontale Sicht deklariert wird. Durch zeilenweise Betrachtung werden die notwendigen, bislang noch fehlenden Referenzbausteine ermittelt. Abschließend erfolgen eine Spezifikation aller Aspekte der Referenzarchitektur sowie eine Integration zu einem Gesamtkonzept [Rab19, S. 129].

#### **Bewertung:**

RABE liefert ein stringentes Vorgehen zur Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme. Kern des Ansatzes bilden Referenzbausteine für unterschiedliche Aspekte von Smart Services. Insbesondere die Anwendungsszenarien beschreiben, welche nutzenstiftenden Services durch die Digitalisierung ermöglicht werden. Sie entsprechen im weiteren Sinne den geforderten Innovationsprinzipien. Darüber hinaus sieht das Vorgehen eine konsequente Fokussierung auf den Kundennutzen vor, indem Erfolg versprechende Serviceideen ausgehend von bestehenden Kundenproblemen und -gewinnen identifiziert werden. Eine ganzheitliche und evolutionäre Programmplanung wird allerdings nicht unterstützt. Ferner mangelt es an einer Zukunftsbetrachtung, die eine langfristige Ausrichtung des Leistungsprogramms vor dem Hintergrund der Digitalisierung erlaubt.

#### 3.1.2.3 Digitale Transformation von Geschäftsmodellen nach SCHALLMO und RUSNJAK

Der Ansatz von SCHALLMO und RUSNJAK adressiert die digitale Transformation von Geschäftsmodellen, was neben der Digitalisierung von Marktleistungen auch die Digitalisierung der Vertriebskanäle, des Wertschöpfungssystems etc. umfasst. Das fünfphasige Vorgehensmodell ist in Bild 3-11 dargestellt.

**Digitale Realität:** Eingangs wird das bestehende Geschäftsmodell skizziert. Im Nachgang werden die Stufen der Wertschöpfungskette ermittelt. Für jede Stufe erfolgt eine Beschreibung der relevanten Akteure mit ihrem jeweiligen Geschäftsmodell. Ferner wird auf Basis einheitlicher Kriterien der Digitalisierungsgrad der Wertschöpfungsstufen und Akteure bestimmt und in einem Diagramm abgebildet. Darüber hinaus werden Kundenanforderungen in Form von Kundenprofilen erhoben [SR17, S. 13ff.].

**Digitale Ambition:** Anhand der vier Kategorien *Zeit*, *Finanzen*, *Raum* und *Qualität* werden Ziele zur Weiterentwicklung des originären Geschäftsmodells im Kontext der Digitalisierung festgelegt. Die Ziele werden priorisiert und mit den Geschäftsmodell-Dimensionen abgeglichen. Daraus ergeben sich die Dimensionen, die es zu überarbeiten gilt [SR17, S. 17f.].

**Digitale Potentiale:** Um Ideen für die Digitalisierung des Geschäftsmodells zu gewinnen, werden Best Practices aus der eigenen und aus fremden Branchen ermittelt. Darüber

hinaus werden Enabler für digitale Geschäftsmodelle identifiziert. Die Enabler gliedern sich in die vier Kategorien *Digitale Daten*, *Automatisierung*, *Digitaler Kundenzugang* und *Vernetzung* und werden in einem Digitalradar visualisiert. Vor dem Hintergrund der Best Practices und Enabler werden Optionen zur Ausgestaltung der Geschäftsmodell-Dimensionen abgeleitet [SR17, S. 18f.].

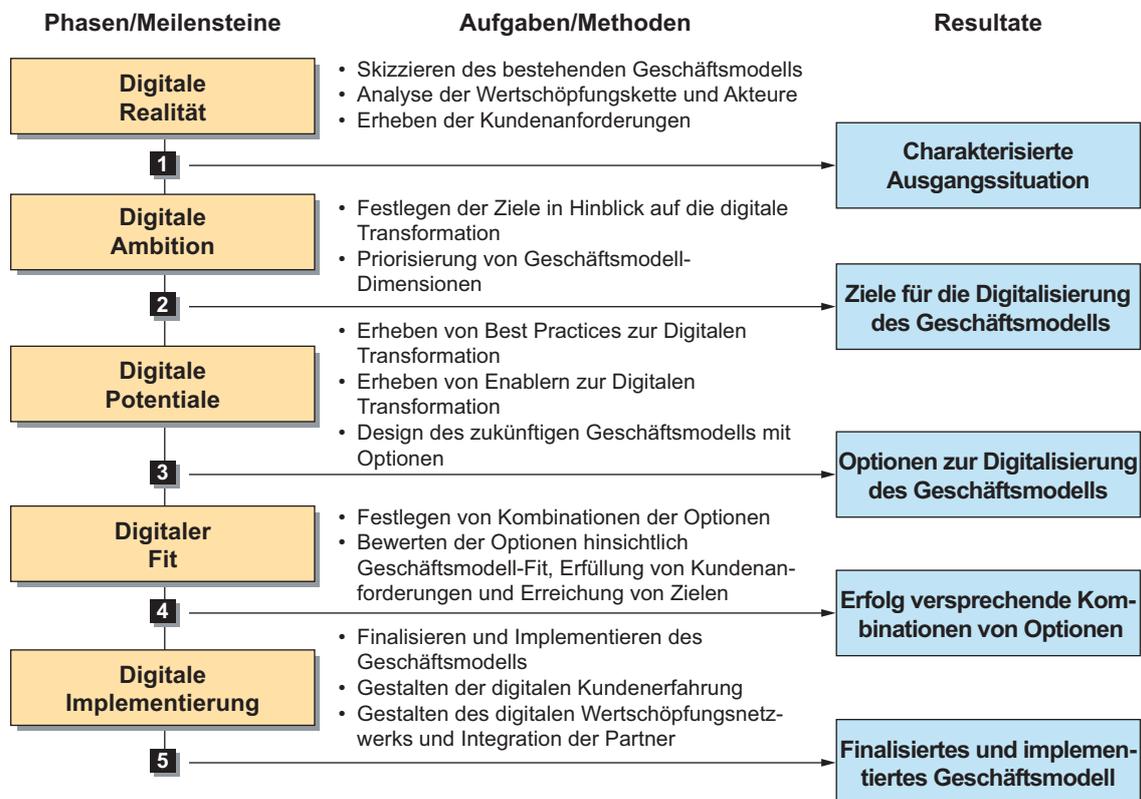


Bild 3-11: Vorgehensmodell zur digitalen Transformation von Geschäftsmodellen nach SCHALLMO und RUSNJAK in Anlehnung an [SR17, S. 28]

**Digitaler Fit:** Es werden konsistente Kombinationen von Optionen festgelegt und in das originäre Geschäftsmodell integriert. Anschließend werden die Kombinationen in Hinblick auf die Dimensionen *Geschäftsmodell-Fit*, *Erfüllung von Kundenanforderungen* und *Erreichung von Zielen* bewertet. Für jede Dimension werden dabei unterschiedliche Kriterien bereitgestellt. Darüber hinaus schlagen SCHALLMO und RUSNJAK drei idealtypische Pfade vor, um die digitale Transformation voranzutreiben: (1) *Die Transformation der Nutzen- und Wertschöpfungsdimension (intern)*, (2) *die Transformation der Kunden- und Partnerdimension der Wertschöpfungskette (extern)*, (3) *die parallele interne und externe Dimension (direkt)* [SR17, S. 22ff.].

**Digitale Implementierung:** Zur Finalisierung des digitalen Geschäftsmodells wird die Erfolg versprechendste Kombination von Optionen integriert. Im Nachgang wird ein Projekt- und Maßnahmenplan zur Implementierung des Geschäftsmodells entwickelt. Ausgehend von den Kundenanforderungen wird darüber hinaus die digitale Kundenerfahrung

gestaltet. Hierzu werden der Kundenprozess beschrieben und für jede Prozessphase Bedürfnisse, Aufgaben, Leistungen und digitale Enabler definiert. Zusätzlich wird auf Basis der Analyse der Wertschöpfungskette und Akteure das digitale Wertschöpfungsnetzwerk sowie die Integration von Partnern gestaltet [SR17, S. 24ff.].

### **Bewertung:**

SCHALLMO und RUSNJAK präsentieren einen stringenten Ansatz zur Digitalisierung von Geschäftsmodellen. Ausgehend von einer Analyse der Ist-Situation werden zunächst Ziele zur Weiterentwicklung des Geschäftsmodells im Kontext der Digitalisierung formuliert. Im Anschluss werden Optionen zur Erreichung der Ziele abgeleitet, bewertet, ausgewählt und umgesetzt. In diesem Kontext werden auch Best Practice-Beispiele betrachtet und Kundenbedürfnisse berücksichtigt. Darüber hinaus enthält der Ansatz ein Kriterien-basiertes Vorgehen zur Bestimmung des Digitalisierungsgrads – allerdings bezieht sich dieses auf Akteure und Wertschöpfungsstufen und nicht auf die zugrunde liegenden Marktleistungen. Eine evolutionäre und ganzheitliche Ausrichtung des Produktprogramms wird nicht unterstützt. Ferner mangelt es an einer Betrachtung der digitalen Zukunft.

## **3.2 Ansätze zur Planung und Weiterentwicklung von Leistungsprogrammen und Geschäftsmodellportfolios**

Im Rahmen der zu entwickelnden Systematik wird eine ganzheitliche und evolutionäre Ausrichtung des Produktprogramms auf die Digitalisierung angestrebt. In diesem Abschnitt werden daher Ansätze zur Planung und Weiterentwicklung von Leistungsprogrammen und Geschäftsmodellportfolios analysiert. Abschnitt 3.2.1 umfasst Ansätze zur Programmplanung. Gegenstand von Abschnitt 3.2.2 sind Ansätze zur Programmevolution.

### **3.2.1 Ansätze zur Programmplanung**

Der digitale Wandel wird das Geschäft produzierender Unternehmen umfassend und nachhaltig prägen, sodass es nicht ausreicht, nur einzelne Produkte zu digitalisieren. Vielmehr kommt es auf eine ganzheitliche Transformation des Produktprogramms an (vgl. Abschnitt 2.4.5). Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend allgemeine Ansätze zur strategischen Programmplanung untersucht.

#### **3.2.1.1 Strategische Planung modularer Produktprogramme nach JONAS**

Die Methode zur strategischen Planung modularer Produktprogramme nach JONAS zielt auf die zukünftige Ausrichtung von Produktprogrammen bei gleichzeitiger Reduktion der Komponentenvarianz ab. Das Vorgehen gliedert sich gemäß Bild 3-12 in fünf Schritte.

**Ist-Analyse:** Eingangs wird die bestehende Produktprogrammstruktur mit Hilfe des sog. *Program-Structuring-Model (PSM)* analysiert. Dabei handelt es sich um eine halbkreis-

förmige Darstellung, die ausgehend vom Kreismittelpunkt die sich verzweigende Hierarchie des Produktprogramms visualisiert (vgl. Bild 2-2). Auf jeder Hierarchieebene werden die Programmelemente als Teilsegmente eines eigenen Halbkreises dargestellt. Wirtschaftliche Kennzahlen wie Stückzahl, Umsatz und Marge werden durch den Radius, den Umfang und die Farbe des Teilsegmentes abgebildet. Zur Analyse der Produktstrukturen wird für jede Produktfamilie der sog. *Module Interface Graph (MIG)* nach BLEES<sup>41</sup> erstellt. Dieser bildet die Komponenten einer Produktfamilie zweidimensional ab und kennzeichnet strukturelle Verbindungen sowie Leistungs-, Informations- und Medienflüsse. Die angebotene Vielfalt wird mit dem sog. *Baum der externen Vielfalt (TEV)* nach KIPP<sup>42</sup> untersucht. Hierzu werden kundenrelevante Ausprägungen ermittelt und entsprechend ihrer Relevanz für den Kunden angeordnet. Darüber hinaus werden interne und externe Trendfaktoren identifiziert [Jon14, S. 75ff.].

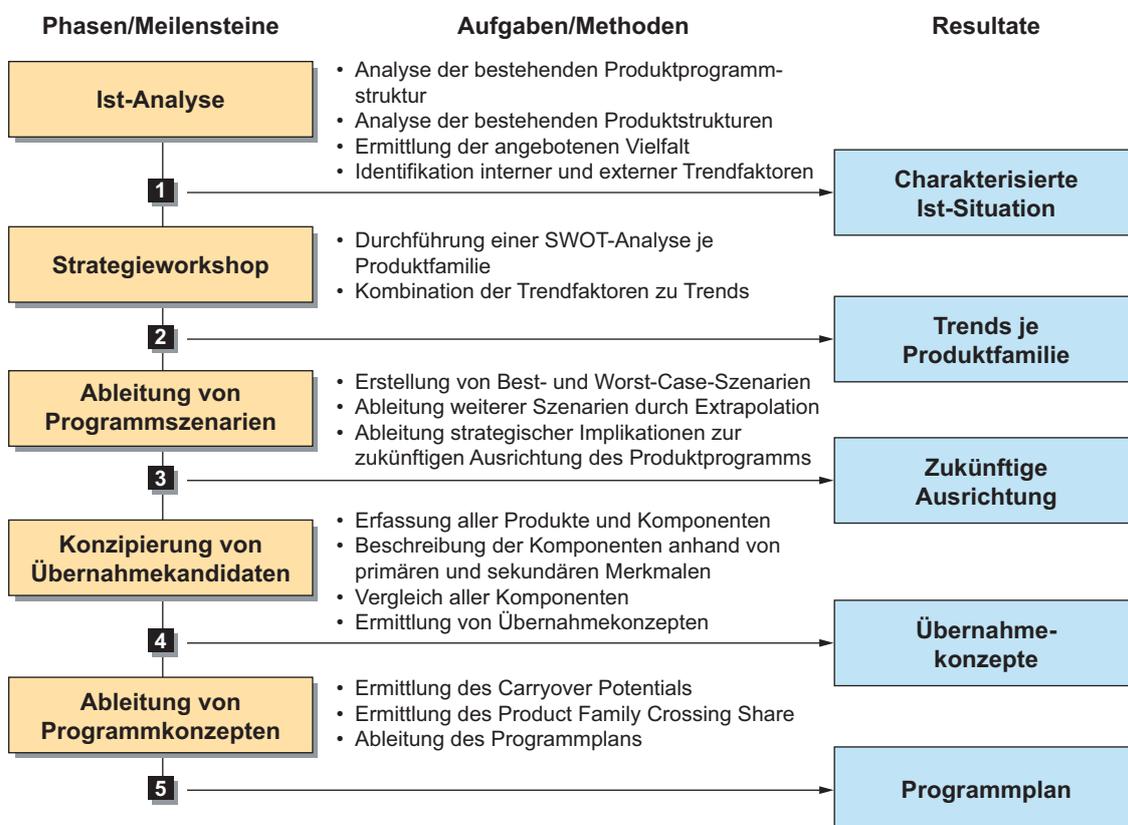


Bild 3-12: Vorgehensmodell zur strategischen Planung modularer Produktprogramme nach JONAS [Jon14, S. 75ff.]

**Strategieworkshop:** Für jede Produktfamilie wird im Rahmen eines Workshops eine erweiterte SWOT-Analyse durchgeführt. Dazu werden die Trendfaktoren den vier Bereichen Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zugeordnet. Für die Bereiche Chancen und Risiken wird zusätzlich eine Gewichtung der Faktoren vorgenommen, um eine feinere Auflösung zu erzielen. In den Schnittpunkten (vier Felder der SWOT-Matrix) werden die Trendfaktoren

<sup>41</sup> Eine ausführliche Beschreibung findet sich bei [Ble11, S. 75ff.].

<sup>42</sup> Für eine detaillierte Darstellung siehe [Kip12, S. 80ff.].

zu Trends kombiniert. Die Trends werden in Prosa beschrieben. Zusätzlich wird eine qualitative Einschätzung darüber getroffen, wie der Trend die zuvor definierten wirtschaftlichen Kennzahlen prozentual beeinflusst [Jon14, S. 79ff.].

**Ableitung von Programmszenarien:** Die ermittelten Trends können theoretisch beliebig miteinander kombiniert werden. Aus diesem Grund werden Best- und Worst-Case-Szenarien aufgestellt und davon ausgehend Extrapolationen gebildet. Hierzu werden die Best- und Worst-Case-Werte (prozentuale Veränderungen) direkt aus den Feldern der SWOT-Matrizen übernommen und in die PSM-Darstellung überführt. Es ergeben sich zwei Extremszenarien, auf deren Grundlage weitere Szenarien definiert werden. Aus den Szenarien werden im Anschluss strategische Implikationen zur zukünftigen Ausrichtung des Produktprogramms abgeleitet (Eliminierung, Neuentwicklung etc.) [Jon14, S. 81].

**Konzipierung von Übernahmekandidaten:** Vor dem Hintergrund der strategischen Ausrichtung werden die Komponentenstruktur des Produktprogramms geplant und potentielle Übernahmekandidaten konzipiert. Hierzu werden alle Komponenten aus den *MIGs* erfasst, tabellarisch aufgelistet und anhand von Merkmalen beschrieben. Es wird zwischen primären und sekundären Merkmalen differenziert. Primäre Merkmale müssen notwendigerweise übereinstimmen, um eine Komponente übernehmen zu können. Sekundäre Merkmale können durch Anpassung oder Überdimensionierung harmonisiert werden. Der Vergleich der Komponenten über alle Produkte des Produktprogramms wird in einem *invertierten Vielfaltsbaum* durchgeführt. Der Ergebnisse werden im Anschluss in den sog. *Carryover Assignment Plan (CAP)* überführt. Dieser visualisiert alle Produkte und Komponenten sowie die Übernahmekonzepte in einer Übersicht [Jon14, S. 82ff.].

**Ableitung von Programmkonzepten:** Es wird eine kennzahlbasierte Auswertung des CAP vorgenommen. Das *Carryover Potential (CP)* vergleicht die Anzahl unterschiedlicher Komponenten vor und nach der Realisierung der Übernahmekonzepte. Der *Product Family Crossing Share (CS)* gibt an, welcher Anteil der Übernahmekomponenten produktfamilienübergreifend umgesetzt werden kann. Anhand der Kennzahlen lässt sich nach EILMUS und KRAUSE auch eine Auswahl geeigneter Produktstrukturstrategien wie produktfamilienorientierte Plattform oder programmorientierte Baukästen treffen [EK12, S. 3ff.]. Abschließend wird ein Programmplan erstellt. Dieser beinhaltet neben den ermittelten Kennzahlen die *MIGs* der neu konzipierten Produktfamilien inkl. Übernahmekomponenten sowie den neuen programmweiten Vielfaltsbaum [Jon14, S. 84ff.].

### **Bewertung:**

JONAS zeigt ein wohlstrukturiertes Vorgehen zur ganzheitlichen Planung des Produktprogramms. Zukünftige Entwicklungen werden in Form von alternativen Programmszenarien erfasst und dienen als Grundlage für die strategische Ausrichtung der einzelnen Produktfamilien. Der Planungshorizont ist als kurz- bis mittelfristig anzusehen, sodass keine langfristige Betrachtung aufeinander folgender Produktgenerationen erfolgt. Im Fokus der Neuausrichtung steht die Erhöhung der technischen Synergien durch die Entwicklung

von Übernahmekonzepten. Auf diese Weise wird die interne Varianz reduziert. Der Nutzen der Programmüberarbeitung wird durch Kennzahlen transparent gemacht. Technische Lösungen werden u.a. mit Hilfe des *Module Interface Graph (MIG)* spezifiziert. Die Digitalisierung des Produktprogramms wird allenfalls implizit adressiert und ist methodisch nicht unterstützt. Auch Kundenbedürfnisse werden nur unzureichend betrachtet. Darüber hinaus erfolgt keine Berücksichtigung von Dienstleistungen und Geschäftsmodellen als mögliche Weiterentwicklungsoption des Produktprogramms.

### 3.2.1.2 Strategische Planung variantenreicher Produkte nach KUNZ

Der Ansatz zur Planung variantenreicher Produkte nach KUNZ gliedert sich in ein strategisches und ein operatives Vorgehen. Im Kontext der vorliegenden Arbeit ist insbesondere die strategische Planung relevant. Sie adressiert die langfristige Ausrichtung des Produktprogramms. Das Vorgehen unterteilt sich nach Bild 3-13 in vier Phasen, die nachfolgend erläutert werden [Kun05, S. 100ff.].

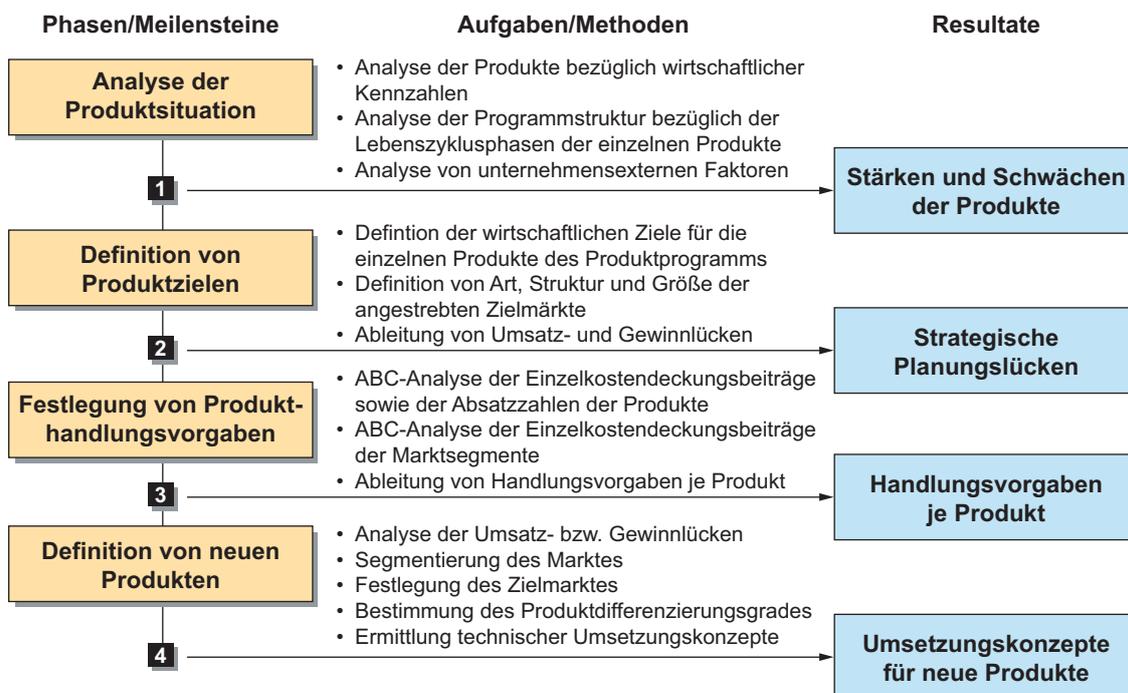


Bild 3-13: Vorgehensmodell zur strategischen Planung variantenreicher Produkte nach KUNZ [Kun05, S. 103ff.]

**Analyse der Produktsituation:** Eingangs wird die bisherige Entwicklung der einzelnen Produkte bezüglich wirtschaftlicher Kennzahlen wie Umsatz, Gewinn oder Deckungsbeitrag analysiert. Darüber hinaus erfolgt eine Untersuchung der Programmstruktur in Hinblick auf die Lebenszyklusphasen der einzelnen Produkte. Im Rahmen einer Analyse unternehmensexternen Faktoren werden Trends und daraus resultierende Chancen und Gefahren ermittelt. Ferner wird bewertet, ob die Produkte die Bedürfnisse der Kunden aus-

reichend adressieren und die zugehörigen Märkte weiterhin attraktiv sind. In diesem Zusammenhang erfolgt auch eine Analyse der Wettbewerbsprodukte. Im Ergebnis liegen Stärken und Schwächen der derzeitigen Produkte vor [Kun05, S. 104ff.].

**Definition von Produktzielen:** Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse werden Vorgaben für die Neuausrichtung des Produktprogramms gemacht. Dazu werden die Umsatz-, Gewinn- und Rentabilitätsziele des Unternehmens auf die einzelnen Produktgruppen heruntergebrochen. Ferner werden Angaben über die Art, Struktur und Größe der Absatzmärkte sowie über die Marktposition, das Qualitätsniveau etc. gemacht. Aus den quantitativen Zielvorgaben werden Umsatz- und Gewinnlücken abgeleitet. Diese sog. strategischen Planungslücken gilt es durch geeignete Maßnahmen zu schließen gilt [Kun05, S. 106f.].

**Festlegung von Produkthandlungsvorgaben:** Für die einzelnen Produkte werden Handlungsvorgaben gemacht, wobei fünf generische Stoßrichtungen unterschieden werden: *Marktdurchdringung/-entwicklung mittels zusätzlicher Produkttypen und -varianten, selektive Marktdurchdringung/-entwicklung, Halten des gegenwärtigen Zustands, selektive Bereinigung von Produkttypen und -varianten, vollständige Bereinigung* [Kun05, S. 107ff.]. Zur Festlegung einer geeigneten Stoßrichtung wird eine ABC-Analyse der Produkte bezüglich deren Einzelkostendeckungsbeitrag und Absatzzahl durchgeführt. Analog dazu wird eine ABC-Analyse der adressierten Marktsegmente in Bezug auf deren Einzelkostendeckungsbeitrag vorgenommen. Die Analyseergebnisse werden in einer Portfolio-Darstellung zusammengeführt, die Empfehlungen für die Auswahl einer Stoßrichtung bereitstellt [Kun05, S. 140ff.].

**Definition von Produkten:** Es wird geprüft, ob die Umsatz- und Gewinnlücken durch die definierten Handlungsvorgaben geschlossen werden können. Ist dies nicht der Fall, werden Erfolg versprechende neue Produkte definiert. Dazu wird der Markt segmentiert und ein Zielmarkt festgelegt. Daran anknüpfend werden der Produktdifferenzierungsgrad bestimmt und geeignete technische Umsetzungskonzepte erarbeitet. KUNZ schlägt an dieser Stelle alternative Idealstrategien und zugehörige Produktarchitekturen vor. Während bei einer Individualisierungsstrategie z.B. Produkte nach Kundenspezifikationen als zweckmäßig anzusehen sind, sind bei einer Standardisierungsstrategie Standardprodukte ohne Varianten das Mittel der Wahl. Als Resultat liegen Umsetzungskonzepte für neue Produkte vor [Kun05, S. 109ff.].

### **Bewertung:**

KUNZ präsentiert ein stringentes Vorgehen zur strategischen Ausrichtung des Produktprogramms. Zukünftige Entwicklungen werden in Form von Trends berücksichtigt. Die Fokussierung auf den Kundennutzen wird durch die Ermittlung der Bedürfnisadäquanz der Produkte gewahrt. Durch die Wahl einer geeigneten Produktarchitektur wird eine Reduzierung der Varianz angestrebt. Eine evolutionäre Planung des Produktprogramms in Form von aufeinander aufbauenden Produktgenerationen wird nicht unterstützt. Ebenso erfolgt keine Berücksichtigung von Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Ein Bezug zur Digitalisierung fehlt gänzlich.

### 3.2.1.3 Strategische Produktprogrammplanung bei variantenreichen Produkten nach FRIEDRICH

Der Ansatz nach FRIEDRICH adressiert die strategische Planung variantenreicher Produktprogramme. Der Ansatz umfasst drei Phasen, die sich teilweise in einen Kern- und einen unterstützenden Teil untergliedern. Im Folgenden wird der Fokus auf die Kernbestandteile gelegt (Bild 3-14).

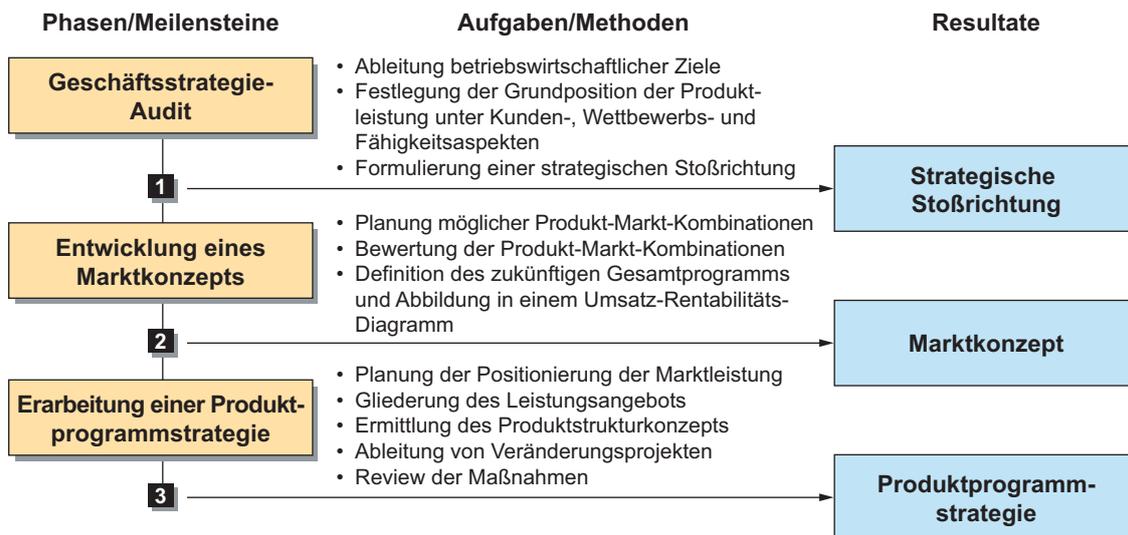


Bild 3-14: Vorgehensmodell zur strategischen Produktprogrammplanung bei variantenreichen Produkten nach FRIEDRICH [Fri04, S. 84ff.]

**Geschäftsstrategie-Audit:** Gegenstand ist die Bündelung aller Aussagen und Inhalte der Geschäftsstrategie, die Auswirkungen auf das Produktprogramm haben. Hierzu werden eingangs betriebswirtschaftliche Ziele wie Rentabilitäts- und Marktstellungsziele für das Produktprogramm abgeleitet. Im Anschluss wird die Grundposition der Marktleistungen unter Kunden-, Wettbewerbs- und Fähigkeitsaspekten festgelegt. Hierbei werden auch Dienstleistungen berücksichtigt. Darauf aufbauend wird eine strategische Stoßrichtung formuliert, die aufzeigt, wie die angestrebte Positionierung der Marktleistungen erreicht werden soll [Fri04, S. 89ff.].

**Entwicklung eines Marktkonzepts:** Ziel sind Erfolg versprechende Geschäftsfelder zur Realisierung der strategischen Stoßrichtung. Hierfür werden attraktive Marktsegmente identifiziert und Optionen zu ihrer produktseitigen Abdeckung definiert. Die resultierenden Produkt-Markt-Kombinationen werden anhand der Dimensionen *Marktattraktivität* (Kriterien: *Segmentgröße*, *Segmentwachstum*, *Konkurrenzsituation* und *Profitabilität*) und *Technische Attraktivität* (Kriterien: *Anzahl spezifischer Produktvarianten*, *Plattform-Potential*, *Steigerung der internen Vielfalt* und *Produktstrukturindex*) bewertet. Ausgehend von den ausgewählten Produkt-Markt-Kombinationen wird das zukünftige Gesamtprogramm definiert und in einem Umsatz-Rentabilität-Diagramm abgebildet. Auf diese Weise kann überprüft werden, ob die angestrebten Zielgrößen erreicht werden können [Fri04, S. 98ff.].

**Erarbeitung einer Produktprogrammstrategie:** Hier verschiebt sich der Betrachtungsfokus vom gesamten Produktprogramm auf die einzelnen Produktlinien. Ziel sind optimierte Produktlinien, die die zuvor definierten Rentabilitäts- und Marktstellungsziele erfüllen. Zunächst wird die Positionierung der zukünftigen Marktleistungen festgelegt, wobei sowohl die Erfüllung der Kundenanforderungen als auch die Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb zu prüfen sind. Darüber hinaus wird das Leistungsangebot verbindlich festgelegt und strukturiert. Für das zukünftige Leistungsangebot wird anschließend eine geeignete Produktstruktur ermittelt (Plattformen, Module, Baukästen etc.) und konzeptionell umrissen. Durch einen Vergleich des entwickelten Produktkonzepts mit dem Ist-Zustand wird Handlungsbedarf in Hinblick auf das Produktprogramm, die Produktstruktur, die Leistungserstellungsprozesse etc. identifiziert. Auf dieser Basis werden Maßnahmen abgeleitet und Veränderungsprojekte definiert. Die Maßnahmen werden im Rahmen von Reviews überprüft, um negativ behaftete Rückkopplungen zu ermitteln und entsprechende Gegenmaßnahmen einleiten zu können [Fri04, S. 109ff.].

### **Bewertung:**

FRIEDRICH stellt ein systematisches Vorgehen zur Produktprogrammplanung bereit. Eine wesentliche Stärke des Ansatzes ist die ganzheitliche Planungsperspektive. So erfolgt die zukünftige Ausrichtung zunächst auf Ebene des Gesamtprogramms (Marktkonzept). Ausgehend davon werden die einzelnen Produktlinien geplant (Produktstrukturkonzept). Bei der Positionierung der Marktleistungen werden explizit Kundenanforderungen berücksichtigt. Auch etwaige Dienstleistungen werden ins Kalkül gezogen; allerdings keine Geschäftsmodelle. Einer Erhöhung der internen Varianz wird durch die Auswahl geeigneter Produktstrukturkonzepte entgegengewirkt. Eine Zukunftsbetrachtung erfolgt allenfalls indirekt durch die Ermittlung langfristig attraktiver Märkte. Die Digitalisierung des Produktprogramms wird ebenso wenig unterstützt wie eine evolutionäre Weiterentwicklung desselbigen.

## **3.2.2 Ansätze zur Programmevolution**

Die Digitalisierung ist keine Revolution, sondern ein evolutionärer Prozess, der sich über einen langen Zeitraum vollzieht. Produzierende Unternehmen sind daher gefordert, ihr Produktprogramm schrittweise weiterzuentwickeln (vgl. Abschnitt 2.4.5). Angesichts dessen erfolgt in diesem Abschnitt eine tiefergehende Auseinandersetzung mit Ansätzen zur Programmevolution.

### **3.2.2.1 Produktgenerationsentwicklung (PGE) nach ALBERS**

Die Produktgenerationsentwicklung (PGE) nach ALBERS ist ein Ansatz, der die Entwicklung von Produkten in aufeinander folgenden Generationen beschreibt. Ihm liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass Produkte in der Regel nicht von Grund auf neu entwickelt werden, sondern zu großen Teilen auf einem oder mehreren bereits bestehenden Produkten

basieren [AHH+16, S. 227]. Bei diesen sog. Referenzprodukten kann es sich um Vorgänger-, Wettbewerbs- oder auch branchenfremde Produkte handeln [ABW15, S. 1]. Bild 3-15 verdeutlicht das Prinzip der Produktgenerationsentwicklung am Beispiel der Automobilindustrie. Neue Modelle beruhen hier üblicherweise auf Vorgängermodellen, wobei diese oftmals im Rahmen einer zusätzlichen Facelift-Generation aktualisiert werden.

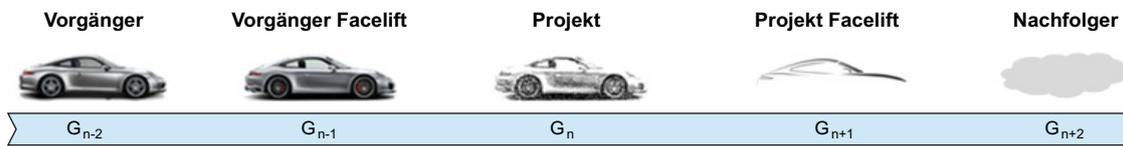


Bild 3-15: Prinzip der PGE am Beispiel der Automobilindustrie [AHH+16, S. 233]

Auf Basis der Referenzprodukte und deren Teilsysteme erfolgt die Entwicklung neuer Produktgenerationen durch drei grundlegende Aktivitäten [ABR17, S. 17f.]:

- **Übernahmevariation (ÜV):** Hier werden Teilsysteme von Referenzprodukten nahezu unverändert übernommen. Es werden hauptsächlich Schnittstellen angepasst, um die Systeme in die neue Produktgeneration zu integrieren.
- **Gestaltvariation (GV):** Teilsysteme werden neu entwickelt, wobei das Funktionsprinzip der Referenzprodukte übernommen, die Gestalt jedoch angepasst wird.
- **Prinzipvariation (PV):** Es werden neue Teilsysteme entwickelt, bei denen sowohl das zugrunde liegende Funktionsprinzip als auch die Gestalt verändert werden.

Ausgehend von dieser Klassifizierung lässt sich eine neue Produktgeneration ( $G_{n+1}$ ) als Vereinigungsmenge aus übernommenen Teilsystemen ( $\dot{ÜS}_{n+1}$ ) sowie durch Gestalt- ( $GS_{n+1}$ ) und Prinzipvariation ( $PS_{n+1}$ ) neu entwickelten Teilsystemen beschreiben [ABW15, S. 5]:

$$G_{n+1} = \dot{ÜS}_{n+1} \cup GS_{n+1} \cup PS_{n+1}$$

Gleichung 3-1: Neue Produktgenerationen als Vereinigungsmenge aus übernommenen sowie durch Gestalt- und Prinzipvariation neu entwickelten Teilsystemen

Der Übernahme- ( $\delta_{ÜV, n+1}$ ), Gestalt- ( $\delta_{GV, n+1}$ ) und Prinzipvariationsanteil ( $\delta_{PV, n+1}$ ) einer Produktgeneration kann damit wie folgt definiert werden, wobei die Summe aus Gestalt- und Prinzipvariationsanteil den gesamten Neuentwicklungsanteil ( $\delta_{N, n+1}$ ) einer Produktgeneration ergibt [ABW15, S. 5]:

$$\delta_{ÜV, n+1} = \frac{|\dot{ÜS}_{n+1}|}{|G_{n+1}|} [\%] \quad \delta_{GV, n+1} = \frac{|GS_{n+1}|}{|G_{n+1}|} [\%] \quad \delta_{PV, n+1} = \frac{|PS_{n+1}|}{|G_{n+1}|} [\%]$$

Gleichung 3-2: Berechnung von Übernahme-, Gestalt- und Prinzipvariationsanteil

Die Werte der jeweiligen Variationsanteile dienen als Indikator für Entwicklungsaufwand, -risiko und -kosten einer Produktgeneration. Nach ALBERS sollten die Aktivitäten Prinzip- und Gestaltvariation insbesondere bei kundenerlebbaren Teilsystemen erfolgen. Bei Teilsystemen, die der Kunden nicht unmittelbar wahrnimmt, empfiehlt sich hingegen eine Übernahmevariation [ABW15, S. 6ff.].

### Bewertung:

ALBERS stellt mit der Produktgenerationsentwicklung (PGE) einen Ansatz bereit, der eine zutreffende Charakterisierung industrieller Produktentwicklungsprojekte erlaubt. Zentraler Gedanke ist, dass Produkte in aufeinander folgenden Generationen entwickelt werden und zu großen Anteilen auf Vorgänger- oder auch Wettbewerbsprodukten beruhen. Dieser Gedanke soll in der angestrebten Systematik aufgegriffen werden: Für die einzelnen Produktgruppen des Produktprogramms ist zu planen, auf welche Weise und in welchem Umfang sie in den Folgegenerationen digitalisiert werden sollen. Im Sinne der PGE geht es dabei insbesondere um die Definition von Neuentwicklungsanteilen, wobei digitalisierte Produkte aus der gleichen oder fremden Branchen als Referenz dienen (Innovationsprinzipien). Über das Beschreibungsmodell hinaus liefert der PGE-Ansatz allerdings keine methodische Unterstützung für die Planung von Produktgenerationen bzw. digitalisierten Produktprogrammen.

#### 3.2.2.2 Release-Planung intelligenter technischer Systeme nach KÜHN

Die Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme nach KÜHN besteht aus einer Release-Strategie, einem Systemmodell als Kooperationskern und einem Vorgehen zur Release-Planung. Die Release-Strategie gibt mit dem sog. Release-Plan das übergeordnete Instrument für die Release-Planung vor. Das Systemmodell dient als Synchronisationspunkt für alle im Planungsprozess definierten technischen Änderungen. Das Vorgehen zur Release-Planung unterteilt sich in eine strategische, taktische und operative Ebene, wobei für jede Ebene ein eigenes Vorgehensmodell bereitgestellt wird [Küh16, S. 100ff.]. Im Folgenden wird der Untersuchungsfokus auf das dreigeteilte Vorgehen gelegt.

Ziel der **strategischen Release-Planung** ist ein Release-Plan, der alle beabsichtigten Releases in einem definierten Planungshorizont terminiert. Das Vorgehen zur strategischen Release-Planung umfasst gemäß Bild 3-16 drei Phasen [Küh16, S. 111].

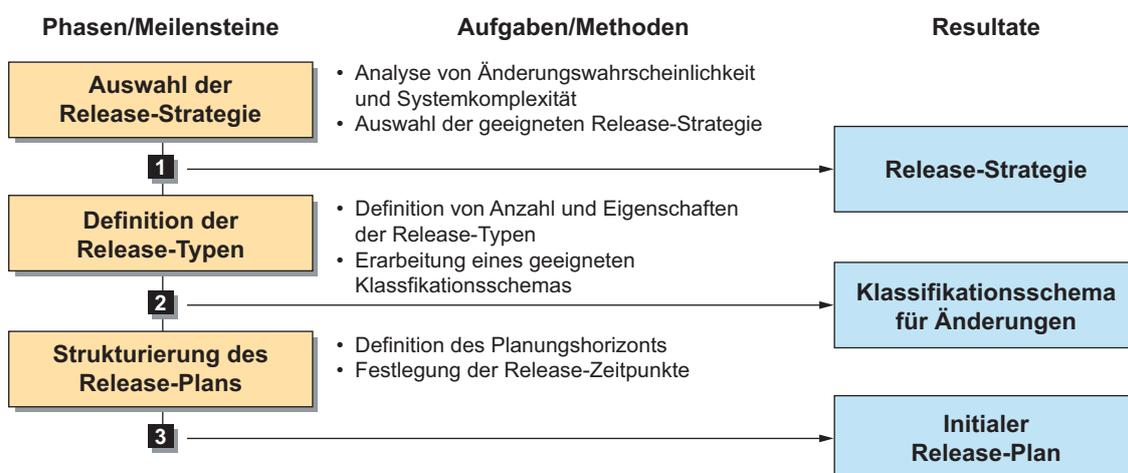


Bild 3-16: Vorgehensmodell für die strategische Release-Planung [Küh16, S. 111]

**Auswahl der Release-Strategie:** Mit Hilfe einer Kriterien-basierten Bewertung werden die Änderungswahrscheinlichkeit und Komplexität des zugrunde liegenden Systems bestimmt. Durch die Zusammenführung der beiden Dimensionen in einem Portfolio wird eine geeignete Normstrategie für die Release-Planung ausgewählt [Küh16, S. 112].

**Definition der Release-Typen:** Es wird festgelegt, wie viele Release-Typen unterschieden werden sollen, z.B. *Major-Releases*, *Minor-Releases* etc. Für jeden Release-Typ wird definiert, welche Art von Produktänderungen er beinhalten soll (z.B. *inkrementelle Verbesserungen*, *grundlegende Neuerungen* etc.) und in welchem Zeitintervall er veröffentlicht wird (z.B. *halbjährlich*, *jährlich* etc.). Darauf aufbauend wird ein Klassifikationschema erarbeitet, das in der taktischen Release-Planung die Zuordnung von Änderungen zu einem Release-Typ erlaubt [Küh16, S. 112].

**Strukturierung des Release-Plans:** Der Planungshorizont wird definiert und die konkreten Release-Zeitpunkte festgelegt. Grundlage für die Release-Zeitpunkte sind die *Analyse einer übergeordneten Produkt- und Technologie-Roadmap*, eine *Wettbewerbsanalyse* sowie die *Berücksichtigung branchen- und markspezifischer Termine* [Küh16, S. 112].

Ziel der **taktischen Release-Planung** ist die Terminierung einer spezifischen Änderungsumsetzung durch die Zuordnung zu einem Release. Das Vorgehen gliedert sich in die in Bild 3-17 dargestellten Phasen.

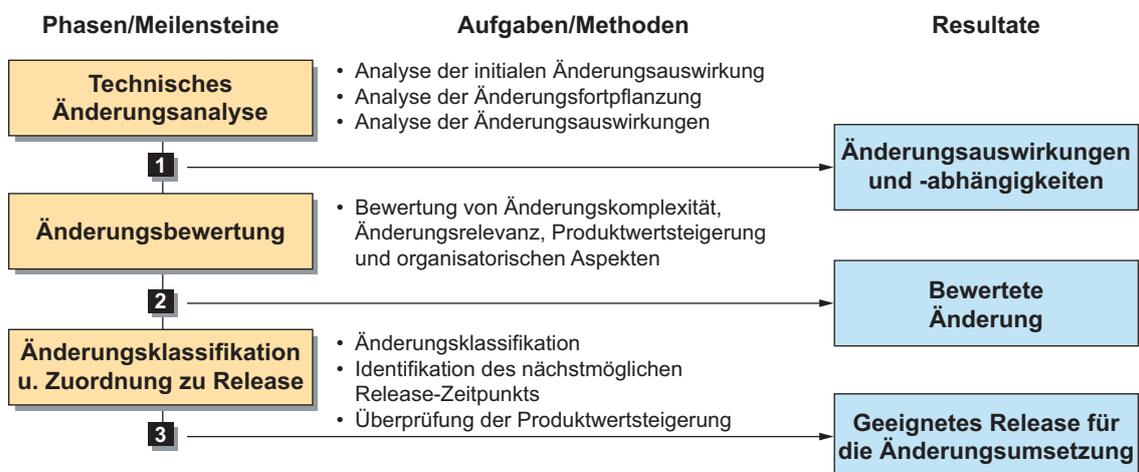


Bild 3-17: Vorgehensmodell für die taktische Release-Planung [Küh16, S. 114]

**Technische Änderungsanalyse:** Gegenstand ist die Ermittlung von Auswirkungen und Abhängigkeiten einer geplanten Änderung. Zunächst wird die initiale Auswirkung analysiert, d.h. es wird ermittelt, welches Systemelement primär betroffen ist. Im Anschluss erfolgt eine Analyse der Änderungsfortpflanzungen, um weitere, indirekt betroffene Systemelemente zu identifizieren. Zuletzt werden potentielle Abhängigkeiten einer Änderung zu anderen Änderungen untersucht, wobei *technische Abhängigkeiten*, *Abhängigkeiten im Aufwand* und *Abhängigkeiten im Nutzen* unterschieden werden [Küh16, S. 113f.].

**Änderungsbewertung:** Die geplante Änderung wird in Hinblick auf die Aspekte *Änderungskomplexität*, *Änderungsrelevanz*, *Produktwertsteigerung* und *Organisatorisches* bewertet [Küh16, S. 114].

**Änderungsklassifikation und Zuordnung zu Release:** Mit Hilfe des in der strategischen Release-Planung erarbeiteten Klassifikationsschemas wird die geplante Änderung klassifiziert. Durch Abgleich mit dem Release-Plan wird der nächstmögliche Release-Zeitpunkt identifiziert. Um sicherzustellen, dass ein Release ein ausgewogenes Verhältnis an kundenrelevanten Änderungen erfasst, wird die mit dem Release verbundene Produktwertsteigerung überprüft [Küh16, S. 114].

Ziel der **operativen Release-Planung** ist die finale Bündelung der Änderungen, die in dem nächsten Release umgesetzt werden sollen. Bild 3-18 zeigt das zugehörige Vorgehen.

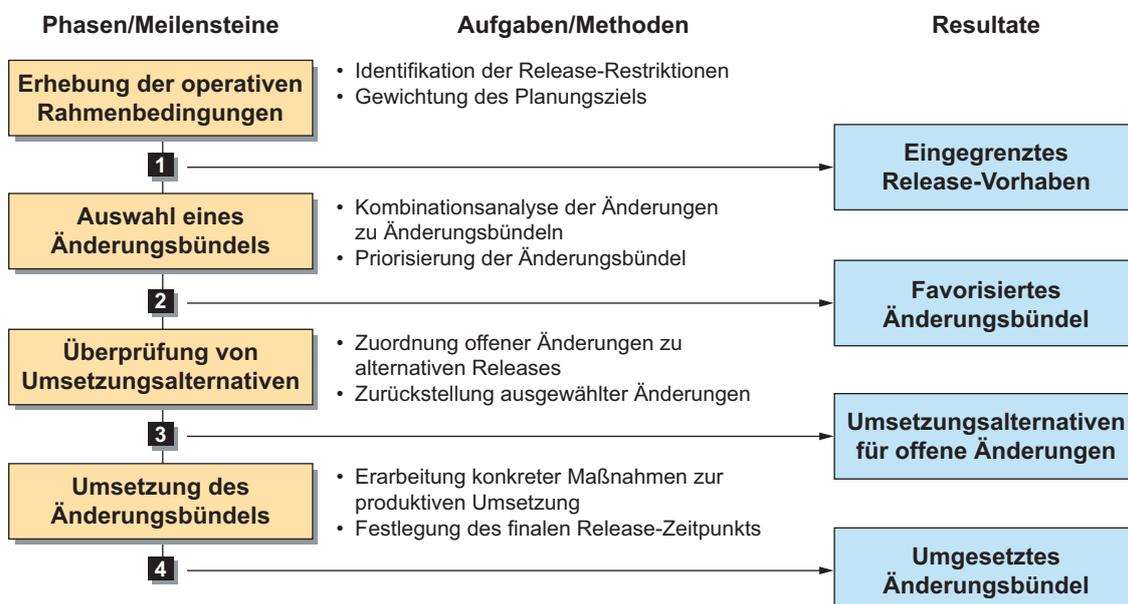


Bild 3-18: Vorgehensmodell für die operative Release-Planung [Küh16, S. 115]

**Erhebung der operativen Rahmenbedingungen:** Es werden einerseits Release-Restriktionen wie *Personalverfügbarkeiten* erhoben. Andererseits wird das Planungsziel anhand der Kriterien *Wichtigkeit*, *Dringlichkeit* und *Synergiepotentiale* gewichtet. Im Ergebnis liegt ein eingegrenztes Release-Vorhaben vor [Küh16, S. 115].

**Auswahl eines Änderungsbündels:** Es wird ein Änderungsbündel bestimmt, das mit dem nächsten Release umgesetzt werden soll. Dazu werden die geplanten Änderungen unter Berücksichtigung der operativen Rahmenbedingungen zu alternativen Bündeln kombiniert. Anhand der Änderungsbewertung aus der taktischen Release-Planung und dem zuvor definierten Planungsziel werden die alternativen Bündel priorisiert [Küh16, S. 115f.].

**Überprüfung von Umsetzungsalternativen:** Änderungen, die aufgrund begrenzter Ressourcen und technischer Abhängigkeiten im nächsten Release nicht berücksichtigt werden konnten, werden zurückgestellt und alternativen Releases zugeordnet. Ist eine Zurückstellung nicht akzeptabel, erfolgt ein Rücksprung in die vorherige Phase [Küh16, S. 116].

**Umsetzung des Änderungsbündels:** Es werden konkrete Maßnahmen zur produktiven Umsetzung des Releases festgelegt und der finale Release-Zeitpunkt bestimmt. Im Ergebnis liegen alle relevanten Informationen zur Entwicklung und Einführung des Releases vor [Küh16, S. 116].

#### **Bewertung:**

KÜHN liefert eine durchgängige Systematik, um die Evolution intelligenter technischer Systeme in Form von Releases zu planen. Releases umfassen technische Änderungen des Systems, wobei es sich insbesondere auch um neue, digitale Produktfeatures handeln kann. Im Kontext der Systematik werden die Änderungen jedoch als gegeben angenommen. Eine systematische Unterstützung zur Identifikation von Digitalisierungsoptionen erfolgt nicht. Ferner werden auch keine Änderungen berücksichtigt, die sich durch neue digitale Dienstleistungen oder Geschäftsmodelle ergeben. Dennoch bietet das Vorgehen vielversprechende Ansatzpunkte für die angestrebte Systematik. So lässt sich der Einsatz eines Release- bzw. Produktgenerationsplans zur evolutionären Ausrichtung des Produktprogramms aufgreifen. Auch die systematische Zuordnung von Änderungen zu Releases lässt sich auf die Zuordnung von Digitalisierungsoptionen zu Produktgenerationen übertragen.

#### **3.2.2.3 Entwicklung produktlebenszyklusorientierter Geschäftsmodell-Roadmaps nach PEITZ**

Die Systematik zur Entwicklung produktlebenszyklusorientierter Geschäftsmodell-Roadmaps nach PEITZ adressiert die Evolutionsplanung von Geschäftsmodellen. Ausgehend von einem bestehenden Geschäftsmodell für ein konkretes Produkt werden zukünftige Geschäftsmodellstufen geplant und mittels einer Roadmap in eine zeitliche Reihenfolge gebracht. Die Systematik umfasst sieben Phasen, die nachfolgend erläutert werden (Bild 3-19).

**Analyse der Ausgangssituation:** Aus der Unternehmens- und Geschäftsstrategie werden Vorgaben für die Weiterentwicklung des Geschäftsmodells abgeleitet. Im Rahmen einer Analyse des originären Geschäftsmodells sowie des Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystemkonzepts werden Schwachstellen identifiziert. Eine Stakeholder-Analyse liefert zudem einen Überblick über alle relevanten Stakeholder für das Geschäft. Im Ergebnis liegen der Handlungsrahmen und Befunde für die Entwicklung der Geschäftsmodell-Roadmap vor [Pei15, S. 91ff.].

**Markt- und Technologievorausschau:** Es wird vorhandenes markseitiges Zukunftswissen aus dem Strategieprozess identifiziert und in eine Markt-Roadmap überführt. Ferner werden zukünftig relevante Technologien ermittelt und in einer Technologie-Roadmap

abgebildet. Aus den Ergebnissen der Vorausschau und den Analysen der vorherigen Phase werden Ziele für die Geschäftsmodell-Roadmap definiert [Pei15, S. 99ff.].

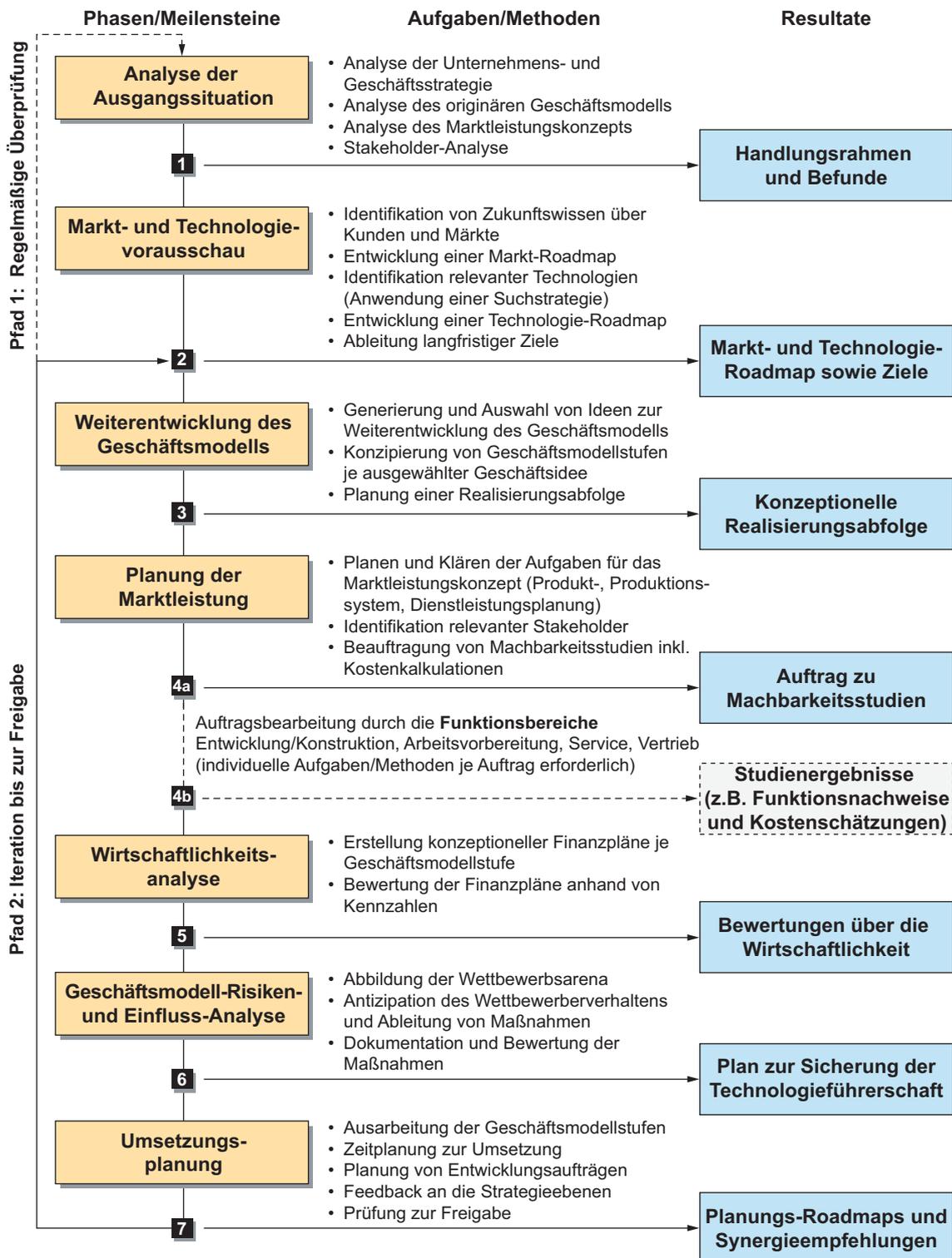


Bild 3-19: Vorgehensmodell zur Entwicklung einer produktlebenszyklusorientierten Geschäftsmodell-Roadmap nach PEITZ [Pei15, S. 89]

**Weiterentwicklung des Geschäftsmodells:** Im Rahmen eines kreativen Prozesses werden Kreativitätstechniken und Geschäftsmodellmuster eingesetzt, um Ideen zur Weiterentwicklung des Geschäftsmodells zu generieren. Die Geschäftsideen werden in Workshops ausgewählt, geclustert und konzeptionell beschrieben. Aus den konzeptionellen Geschäftsmodellen werden aufeinander aufbauende Geschäftsmodellstufen abgeleitet und in eine Realisierungsabfolge gebracht [Pei15, S. 113ff.].

**Planung der Marktleistung:** Die Weiterentwicklung des Geschäftsmodells erfordert Modifizierungen am Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystemkonzept. Die damit verbundenen Entwicklungsaufgaben werden geplant und geklärt. Darüber hinaus werden relevante Stakeholder identifiziert und Studien zur Prüfung der (technischen) Machbarkeit beauftragt. Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudien werden am Ende der Phase integriert. Der Prozess zu deren Erstellung wird ausgeklammert [Pei15, S. 119ff.].

**Wirtschaftlichkeitsanalyse:** Auf Basis der Ergebnisse der Machbarkeitsstudien werden je Geschäftsmodellstufe Finanzpläne erstellt. Anhand von Kennzahlen wie *Kapitalwert* oder *Amortisationszeit* werden die Finanzpläne bewertet. In Abhängigkeit der Bewertung erfolgt eine Freigabe oder Ablehnung der Geschäftsmodellstufen [Pei15, S. 134ff.].

**Geschäftsmodell-Risiken- und Einfluss-Analyse:** Die Freigabe der Geschäftsmodellstufen erfolgte bislang ohne Berücksichtigung des Wettbewerbs. An dieser Stelle werden daher und die voraussichtlichen Reaktionen der Wettbewerber auf die Anpassungen des Geschäftsmodells antizipiert und entsprechende Schutz- und Gegenmaßnahmen geplant. Ziel ist die langfristige Sicherung der Technologieführerschaft [Pei15, S. 138ff.].

**Umsetzungsplanung:** Die konzeptionellen Geschäftsmodellstufen werden ausgearbeitet und mit der Markt- und Technologie-Roadmap synchronisiert. Es resultiert eine *Geschäftsmodell-Roadmap*, die als Planungsinstrument für die zeitliche Umsetzung der einzelnen Stufen dient. Anhand der Roadmap werden Entwicklungsaufträge geplant und Synergiepotentiale mit anderen Geschäftsbereichen identifiziert. Eine abschließende Prüfung entscheidet darüber, ob Umsetzungsfreigabe erteilt wird oder einzelne Phasen erneut durchlaufen werden müssen [Pei15, S. 145ff.].

### **Bewertung:**

PEITZ liefert ein umfassendes Vorgehen zur Planung von Geschäftsmodellmutationen über den Lebenszyklus. Im Vordergrund steht die Weiterentwicklung des Geschäftsmodellportfolios als eine Möglichkeit der Produktevolution (vgl. Abschnitt 2.2.2). Die Integration neuartiger Features in das zugrunde liegende Produkt sowie die Entwicklung produktbasierter Dienstleistungen als weitere Optionen werden zwar betrachtet. Der Fokus liegt jedoch auf der Ermittlung von Anpassungen ausgehend von den geplanten Geschäftsmodellerweiterungen und nicht auf der Weiterentwicklung des Produktprogramms an sich. Nichtsdestotrotz lässt sich die integrierte Betrachtung und Spezifikation von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen aufgreifen und für die zu entwickelnde Systematik adaptieren. Auch die stufenweise Planung von Geschäftsmodellerweiterungen anhand einer Roadmap

sowie der Einsatz von Vorausschau-Techniken zur Ermittlung von Weiterentwicklungspotentialen bieten aussichtsreiche Anknüpfungspunkte. Ein Rückgriff auf bestehendes Zukunftswissen, wie ihn PEITZ vorschlägt, erscheint für die angestrebte Systematik allerdings nicht zielführend, da es vielen Unternehmen gerade an Digitalisierungswissen mangelt.

### 3.3 Ansätze zur musterbasierten Entwicklung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen

In der angestrebten Systematik soll ein Rückgriff auf Lösungsmuster in Form von Innovationsprinzipien erfolgen, um Unternehmen konkrete Optionen zur Digitalisierung ihres Produktprogramms aufzuzeigen. Vor diesem Hintergrund werden nachfolgend Ansätze zur musterbasierten Entwicklung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen untersucht.

#### 3.3.1 Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ) nach ALTSCHULLER

Die Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ) ist eine umfangreiche Methodensammlung zur systematischen Generierung neuartiger Produktideen [Adu16, S. 673f.]. Sie beruht auf einem umfassenden Systemansatz, nach dem Problemsituationen verallgemeinert beschrieben und gelöst werden können [VDI4521, S. 2]. Von besonderer Bedeutung für die vorliegende Arbeit ist die sog. **Widerspruchsanalyse** [GDE+19, S. 190], [TZZ98, S. 113ff.]. Sie beruht u.a. auf folgenden Hypothesen [Alt73, S. 80], [TC98, S. 56]:

- Abstrakte Probleme und Lösungen ähneln sich in verschiedenen Anwendungskontexten.
- Technische Entwicklungen basieren auf wiederkehrenden Mustern.
- Die besten Problemlösungen sind oft außerhalb des eigenen Tätigkeitsfeldes zu finden.
- Innovationen entstehen durch das Auflösen technischer Widersprüche.

Ein technischer Widerspruch liegt dann vor, wenn die Erfüllung einer Anforderung gleichzeitig zur Nichterfüllung einer zweiten Anforderung führt [GEK01, S. 132 ff.]. Zur Überwindung technischer Widersprüche werden 40 Innovationsprinzipien (vgl. Abschnitt 2.1.6) bereitgestellt, die ALTSCHULLER im Rahmen einer umfassenden Patentanalyse abgeleitet hat. Bild 3-20 verdeutlicht das Grundprinzip der Widerspruchsanalyse.

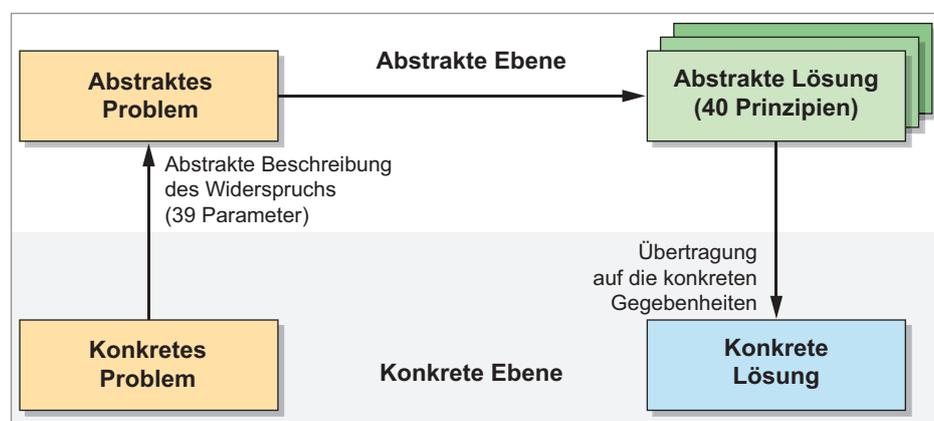


Bild 3-20: Grundprinzip der Widerspruchsanalyse [GDE+19, S. 191], [Ams16, S. 79]

Das konkrete Problem wird zunächst anhand von 39 Parametern wie Gewicht, Geschwindigkeit, Produktivität etc. abstrakt beschrieben. Auf Basis der Parameter werden im Anschluss technische Widersprüche ermittelt, die dem Problem zugrunde liegen. Dazu dient die in Bild 3-21 dargestellte *Widerspruchsmatrix*. Mit Hilfe der Matrix wird untersucht, ob die Verbesserung eines Parameters (Zeile) zu einer Verschlechterung eines anderen Parameters (Spalte) führt [VDI4521, S. 8]. Beispielsweise bewirkt eine *Erhöhung der Geschwindigkeit* in der Regel eine *Gewichtszunahme des Systems*. Zur Lösung eines Widerspruchs sind in den Schnittpunkten der Parameter geeignete Innovationsprinzipien aufgeführt. Im vorliegenden Fall werden z.B. die Prinzipien *Umkehr* und *Mechanik ersetzen* vorgeschlagen. Für jedes Prinzip werden darüber hinaus konkrete Handlungsempfehlungen gegeben. Das Prinzip *Umkehr* beinhaltet z.B. die Empfehlung *Mache ein unbewegtes Objekt beweglich oder ein bewegliches System unbeweglich* [GHK+06, S. 368].

Nicht erwünschte Veränderung (Konflikt)	Zu verbessernder Parameter							
			Gewicht eines bewegten Objektes	Gewicht eines stationären Objektes	...	Komplexität in Struktur	...	Automatisierungsgrad
	Nr.	1	2		36		38	39
Gewicht eines bewegten Objektes	1							
⋮								
Geschwindigkeit	9	13,28						
⋮								
Produktivität	39							

**Empfohlene Prinzipien**

**13 Umkehr**

A) Implementiere anstelle der durch Spezifikation diktierten Aktion die genau gegenteilige Aktion.  
 B) Mache ein unbewegtes Objekt beweglich oder ein bewegliches System unbeweglich.  
 C) Stelle das System „auf den Kopf“, kehre es um.

**28 Mechanik ersetzen**

A) Ersetze ein mechanisches System durch ein optisches, akustisches oder geruchsbasiertes System.  
 B) Benutze elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder.  
 C) Ersetze Felder: Stationäre durch bewegliche, konstante durch periodische, strukturlose durch strukturierte.  
 D) Setze Felder in Verbindung mit ferromagnetischen Teilchen ein.

Bild 3-21: Ausschnitt aus der Widerspruchsmatrix [GDE+19, S. 191], [Ams16, S. 80]

**Bewertung:**

Die TRIZ-Systematik und insbesondere die Widerspruchsanalyse sind ein bewährtes Vorgehen zur Lösung technischer Probleme. Im Kern werden Innovationsprinzipien eingesetzt, um Ideen für neue bzw. verbesserte Produkte zu generieren. Die Innovationsprinzipien basieren auf einer Patentanalyse und beschreiben in abstrakter Form, welche Veränderungen Unternehmen vorgenommen haben, um ihre Produkte zu innovieren. Allerdings entstanden die Prinzipien in den 1950er Jahren, sodass die Innovationspotentiale der Digitalisierung noch nicht berücksichtigt werden konnten. Das Grundprinzip der Trennung von abstrakter und konkreter Sicht auf Problem und Lösung lässt sich jedoch

ebenso anwenden, um Innovationsprinzipien der Digitalisierung zu ermitteln. Die Systematisierung über technische Widersprüche erscheint allerdings nur bedingt sinnvoll, da die Digitalisierung rund um die Produkte auch neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle ermöglicht, die sich in dieser Form nicht beschreiben lassen.

### 3.3.2 St. Galler Business Model Navigator™ nach GASSMANN ET AL.

Der St. Galler Business Model Navigator™ ist eine Methodik zur systematischen Entwicklung von Geschäftsmodellen. Kern des Ansatzes bilden 55 Geschäftsmodellmuster, die in Anlehnung an die TRIZ-Systematik durch eine Analyse von ca. 250 Geschäftsmodellinnovationen abgeleitet und in einem Kartenset bereitgestellt wurden. Das Vorgehen gliedert sich gemäß Bild 3-22 in vier Phasen [GFC13, S. 15ff.].

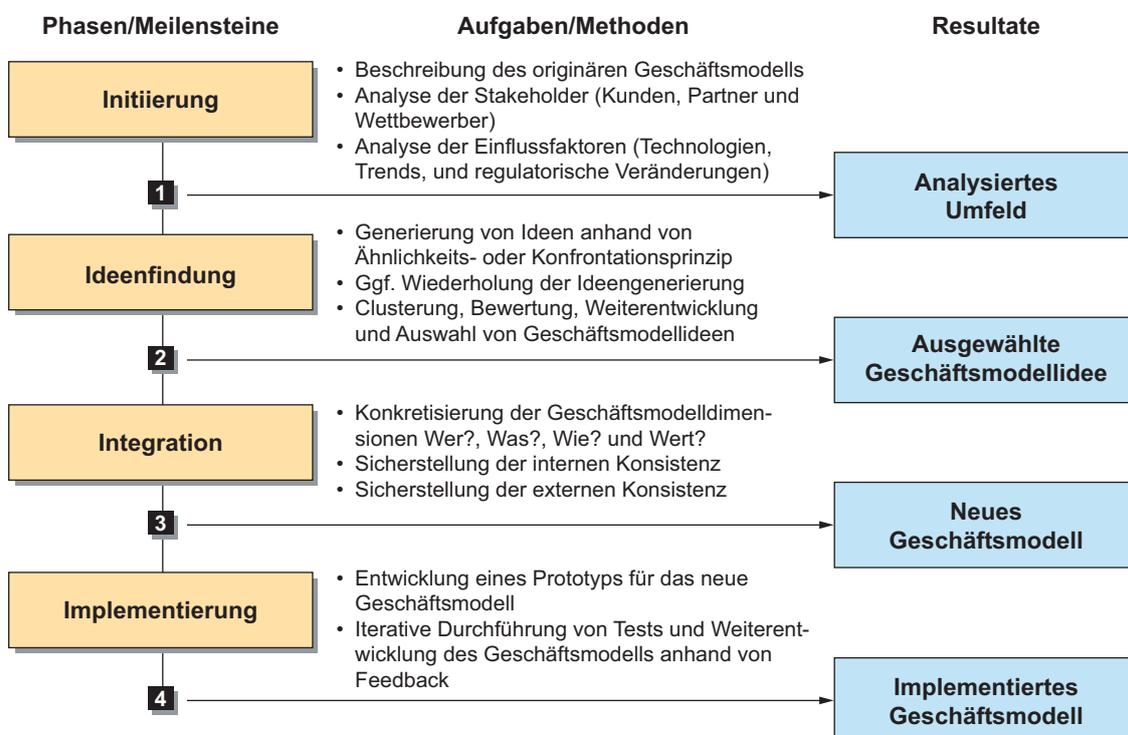


Bild 3-22: St. Galler Business Model Navigator™ nach GASSMANN ET AL. [GFC13, S. 15ff.]

**Initiierung:** Zu Beginn erfolgt eine Beschreibung des originären Geschäftsmodells anhand der vier Dimensionen *Wer?*, *Was?*, *Wie?* und *Wert?* (vgl. Abschnitt 2.1.3). Im Anschluss wird eine Analyse des Geschäftsmodellumfelds durchgeführt, was eine Analyse der Stakeholder (Kunden, Partner und Wettbewerb) und Einflussfaktoren (Technologien, Trends und regulatorische Veränderungen) umfasst [GFC13, S. 22ff.].

**Ideenfindung:** Im Rahmen von Workshops werden unter Anwendung der 55 Muster Geschäftsideen generiert. Es werden zwei grundlegende Prinzipien unterschieden:

- *Ähnlichkeitsprinzip:* Hier werden Muster aus verwandten Branchen auf das eigene Geschäftsmodell übertragen, wobei die Branchenentfernung schrittweise erhöht wird. Es

sind vier Schritte zu durchlaufen: (1) Definition von Suchkriterien zur Identifikation analoger Branchen; (2) Auswahl derjenigen Muster, die bereits in den Branchen angewendet werden; (3) Generierung von Ideen durch Übertragung der Muster; (4) Wiederholung des Vorgehens mit angepassten Suchkriterien falls keine geeigneten Ideen entwickelt werden konnten. Das Ähnlichkeitsprinzip eignet sich in erster Linie für die Entwicklung inkrementeller Geschäftsmodellinnovationen [GFC13, S. 35f.].

- **Konfrontationsprinzip:** Hier wird das eigene Geschäftsmodell mit möglichst branchenfremden Mustern konfrontiert, um bestehende Denkmuster zu durchbrechen. Es sind drei Schritte zu durchlaufen: (1) Auswahl von Mustern, die sich stark von der eigenen Branchenlogik unterscheiden; (2) Generierung von Ideen durch Musterkonfrontation anhand von Fragestellungen der Art: *Wie würde Apple unser Geschäft führen?*; (3) Wiederholung des Vorgehens mit anderen Mustern falls die Ideenqualität nicht ausreicht. Das Konfrontationsprinzip bietet sich insbesondere für Geschäftsmodellinnovationen mit höherem Radikalitätsgrad an [GFC13, S. 36ff.].

Die generierten Ideen werden im Anschluss nach ähnlichen Stoßrichtungen und Ergänzungspotentialen geclustert. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe des NABC-Ansatzes aus vier Perspektiven: *Need* (Kundenperspektive), *Approach* (Innenperspektive), *Benefits* (Wertperspektive) und *Competition* (Außenperspektive). Die Bewertungen werden im Rahmen von Workshops diskutiert und vor dem Hintergrund identifizierter Schwächen und Herausforderungen weiterentwickelt. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt bis eine Erfolg versprechende Idee gefunden und ausgewählt wurde [GFC13, S. 42].

**Integration:** Die ausgewählte Geschäftsidee wird unter Sicherstellung der internen und externen Konsistenz zu einem vollständigen Geschäftsmodell konkretisiert. Die interne Konsistenz wird durch die stimmige Ausgestaltung der vier Dimensionen *Wer?*, *Was?*, *Wie?* und *Wert?* erreicht. Die externe Konsistenz wird durch die Abstimmung mit dem Unternehmensumfeld (Partner, Trends, Wettbewerbsbedingungen) erzielt [GFC13, S. 44ff.].

**Implementierung:** Es wird ein Prototyp für das neue Geschäftsmodell entwickelt, z.B. eine detaillierte Präsentation, ein Businessplan oder ein Pilotprojekt. Im Anschluss wird der Prototyp getestet und Feedback von relevanten Stakeholdern wie Kunden oder Lieferanten eingeholt. Auf Basis des Feedbacks werden Verbesserungen und Weiterentwicklungen angestoßen und umgesetzt. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt, bis das Geschäftsmodell erfolgreich umgesetzt ist [GFC13, S. 48ff.].

### **Bewertung:**

Der St. Galler Business Model Navigator<sup>TM</sup> ist eine etablierte Methodik zur musterbasierten Geschäftsmodellentwicklung. Es werden 55 Geschäftsmodellmuster in Form eines Kartensets bereitgestellt, die im Rahmen einer Analyse von ca. 250 Geschäftsmodellinnovationen abgeleitet wurden. Der Bezug der Muster zur Digitalisierung ist allerdings nur in Ansätzen gegeben. Eine Betrachtung von Marktleistungen fehlt gänzlich. Darüber hinaus liegt der Fokus auf der Entwicklung singulärer Geschäftsmodelle. Die Planung eines Geschäftsmodellportfolios bzw. Produktprogramms wird nicht unterstützt.

Eine Stärke des Ansatzes ist die systematische Ideenfindung. Mit dem Ähnlichkeits- und Konfrontationsprinzip werden zwei gleichermaßen wirkungsvolle wie pragmatische Anwendungsmöglichkeiten der Muster beschrieben, die sich auch auf die angestrebten Innovationsprinzipien der Digitalisierung übertragen lassen.

### 3.3.3 Musterbasierte Entwicklung von Frugal Innovations nach LEHNER

LEHNER liefert eine Systematik zur lösungsmusterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations. Darunter sind preiswerte Produkte und Dienstleistungen zu verstehen, die an die lokalen Bedürfnisse der Bevölkerung in Entwicklungs- und Schwellenländern angepasst sind [Leh16, S. 6]. Die Systematik umfasst ein Frugal Innovation-Lösungsmustersystem, ein Vorgehensmodell zur lösungsmusterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations sowie eine Frugal Innovation-Lösungsmusterdatenbank [Leh16, S. 81].

Das **Frugal Innovation-Lösungsmustersystem** beinhaltet einen Katalog mit Lösungsmustern und stellt die Beziehungen der Lösungsmuster untereinander dar. Das Vorgehen zur Ableitung des Lösungsmustersystems umfasst vier Phasen (Bild 3-23).

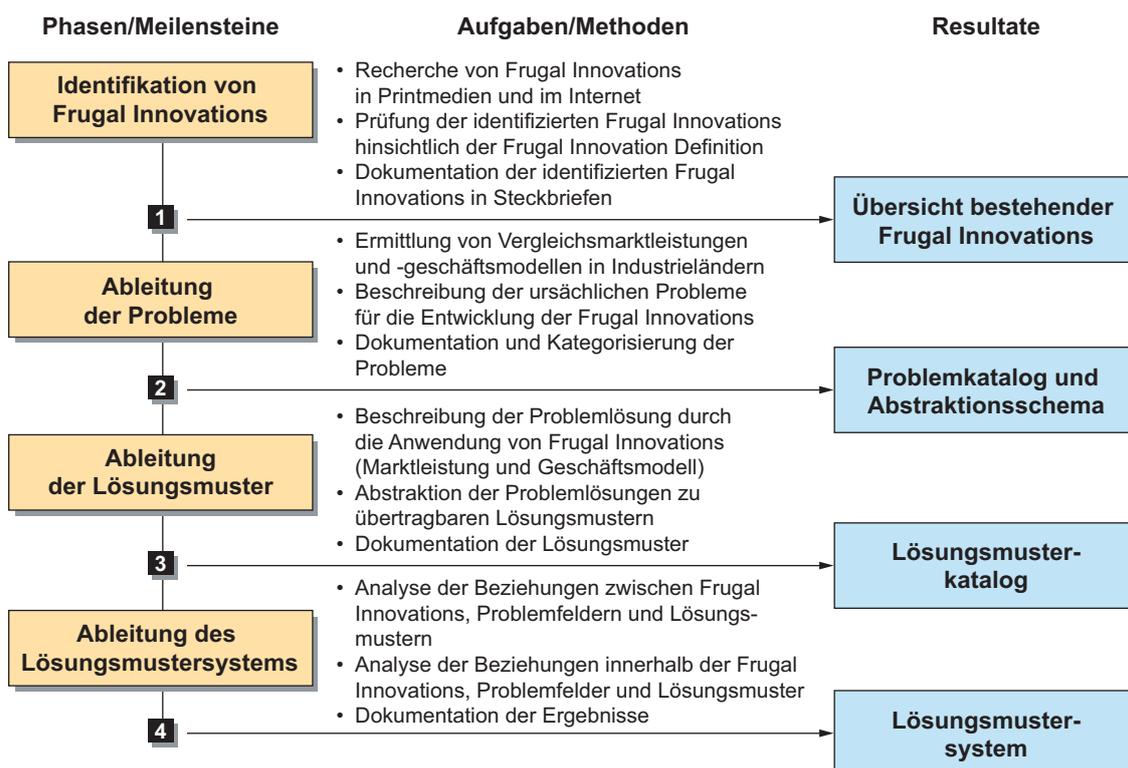


Bild 3-23: Vorgehensmodell zur Ableitung des Frugal Innovation-Lösungsmustersystems nach LEHNER [Leh16, S. 84]

**Identifikation von Frugal Innovations:** Es werden real existierende Frugal Innovations in Printmedien und im Internet recherchiert und anhand einer Definition überprüft. Marktleistungen und Geschäftsmodelle, die die Kriterien einer Frugal Innovation erfüllen, werden in Form von Steckbriefen dokumentiert [Leh16, S. 84f.].

**Ableitung der Probleme:** Für jede Frugal Innovation wird analysiert, aufgrund welcher Probleme sie entwickelt wurde. Dazu wird sie mit einer geeigneten Marktleistung bzw. einem Geschäftsmodell aus einem Industrieland verglichen. Die identifizierten Probleme werden gesammelt und mit Hilfe sogenannter Problemfelder kategorisiert. Es resultieren ein Problemkatalog und Abstraktionsschema [Leh16, S. 85ff.].

**Ableitung der Lösungsmuster:** Es wird je Frugal Innovation untersucht, wie die zuvor ermittelten Probleme gelöst wurden. Durch Abstraktion werden im Anschluss aus den konkreten Lösungen allgemeine Lösungsmuster abgeleitet. Ein Beispiel ist das Lösungsmuster *Reduktion der Funktionalität* [Leh16, S. 88ff.]. Die Lösungen werden in einem Katalog dokumentiert.

**Ableitung des Lösungsmustersystems:** Durch die Analyse der Beziehungen zwischen den Lösungsmustern, Frugal Innovations und Problemfeldern wird ein Lösungsmustersystem in Form einer Multiple Domain Matrix (MDM) abgeleitet. Diese liefert z.B. Aussagen darüber, welche Muster häufig miteinander kombiniert werden [Leh16, S. 90ff.].

Das **Vorgehensmodell zur lösungsmusterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations** zeigt auf, wie das Lösungsmustersystem anzuwenden ist, um ein bestehendes Marktleistungs- bzw. Geschäftsmodellkonzept in ein Entwicklungs- bzw. Schwellenland zu transferieren. Es gliedert sich gemäß Bild 3-24 in vier Phasen.

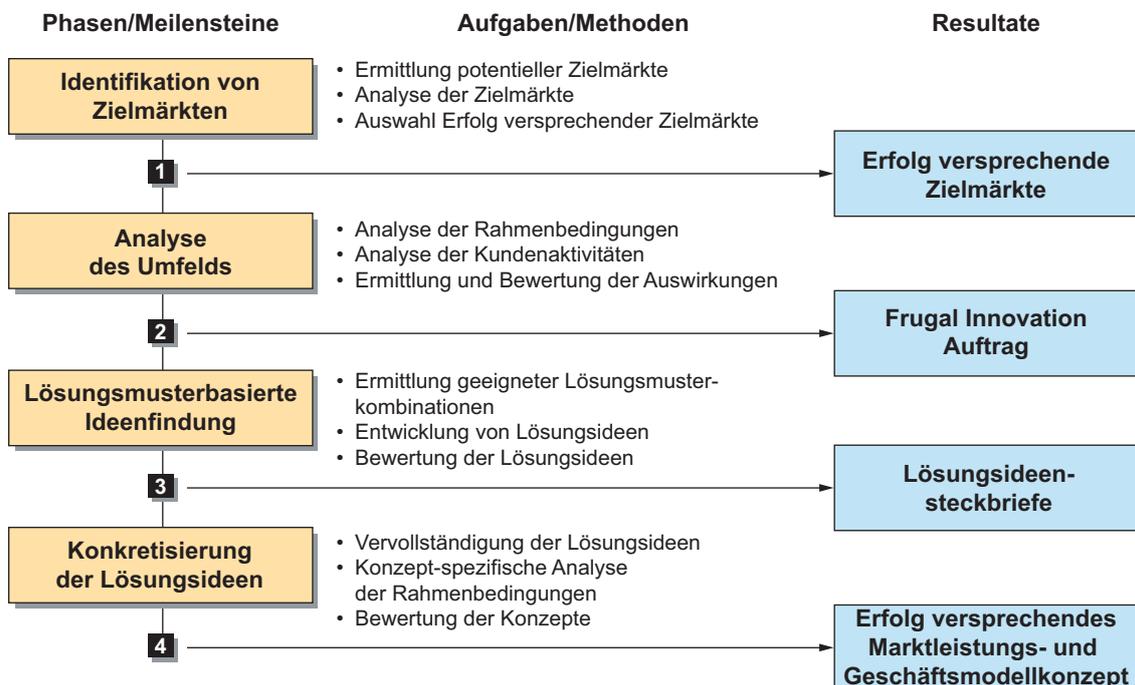


Bild 3-24: Vorgehensmodell zur lösungsmusterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations nach LEHNER [Leh16, S. 95]

**Identifikation von Zielmärkten:** Es werden Erfolg versprechende Zielmärkte für die gegebene Marktleistung und das zugehörige Geschäftsmodell gesucht sowie anhand von makro- und mikroökonomischen Kriterien bewertet und ausgewählt [Leh16, S. 99ff.].

**Analyse des Umfeld:** Hier wird das Umfeld im avisierten Zielmarkt untersucht. Es werden die vorherrschenden Rahmenbedingungen und Kundenaktivitäten analysiert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die betrachtete Marktleistung und das Geschäftsmodell ermittelt. Die Auswirkungen werden in Form von Problemen beschrieben, die beim Transfer in den Zielmarkt auftreten können. Die Probleme werden zu den Problemfeldern des Lösungsmustersystems abstrahiert [Leh16, S. 106ff.].

**Lösungsmusterbasierte Ideenfindung:** Anhand der abstrahierten Probleme werden geeignete Lösungsmusterkombinationen ermittelt. In Kreativitätsworkshops werden Ideen für die Ausprägung der Muster generiert und mit Hilfe eines morphologischen Kastens kombiniert. Im Zuge einer Bewertung wird überprüft, ob die identifizierten Probleme in ausreichendem Maße gelöst wurden. In Abhängigkeit der Bewertung werden die Ideen zurückgestellt, optimiert oder in der letzten Phase konkretisiert [Leh16, S. 127].

**Konkretisierung der Lösungsideen:** Die Ideen werden zu Marktleistungs- und Geschäftsmodellkonzepten vervollständigt. Im Rahmen einer tiefergehenden Analyse der Rahmenbedingungen werden erforderliche Anpassungen der Konzepte vorgenommen. Mit Hilfe einer Wirtschaftlichkeitsrechnung und einer Portfolio-basierten Bewertung wird ein Erfolg versprechendes Frugal Innovation-Konzept ausgewählt [Leh16, S. 127ff.].

Das **Konzept für eine Frugal Innovation-Lösungsmusterdatenbank** liefert eine Werkzeugunterstützung zur Durchführung des Vorgehensmodells. Es verknüpft Informationselemente wie die Lösungsmuster-Steckbriefe, die Lösungsmuster-Verträglichkeitsmatrix oder Länderinformationen miteinander und stellt sie dem Anwender zur Verfügung.

#### **Bewertung:**

LEHNER stellt eine umfassende Systematik zur musterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations bereit. Die Musteridentifikation erfolgt systematisch und basiert auf einem induktiven Vorgehen. Es werden Probleme und Problemlösungen aus real existierenden Frugal Innovations abgeleitet und zu Lösungsmustern abstrahiert. Die Musteranwendung wird durch ein weiteres Vorgehensmodell unterstützt, das sich insbesondere durch eine konsequente Fokussierung auf die Kundenbedürfnisse in den Zielmärkten auszeichnet. Das Konzept der Lösungsmusterdatenbank ermöglicht eine Werkzeugunterstützung, die die Nutzungsfreundlichkeit der Systematik erhöht. Insgesamt weist der Ansatz jedoch keinen direkten Bezug zur Digitalisierung auf und lässt eine ganzheitliche Perspektive im Sinne der Produktprogrammplanung vermissen.

### **3.3.4 Musterbasierter Entwurf mechatronischer Systeme nach ANACKER**

ANACKER stellt ein Instrumentarium für einen lösungsmusterbasierten Entwurf fortgeschrittener mechatronischer Systeme vor, das aus vier Bestandteilen besteht: (1) Wirkgefüge, das Muster aus unterschiedlichen Bereichen der Produktentstehung vereint; (2) Dokumentationsschema für Lösungswissen im Systementwurf; (3) Vorgehensmodell zur

Identifizierung von Lösungsmustern; (4) Vorgehensmodell für einen lösungsmusterbasierten Systementwurf. Im Folgenden werden insbesondere die beiden zuletzt genannten Bestandteile des Instrumentariums untersucht.

Das **Vorgehen zur Identifizierung von Lösungsmustern** ist in Bild 3-25 dargestellt. Es gliedert sich in vier Phasen. Ausgangspunkt bildet ein bestehendes Produkt.

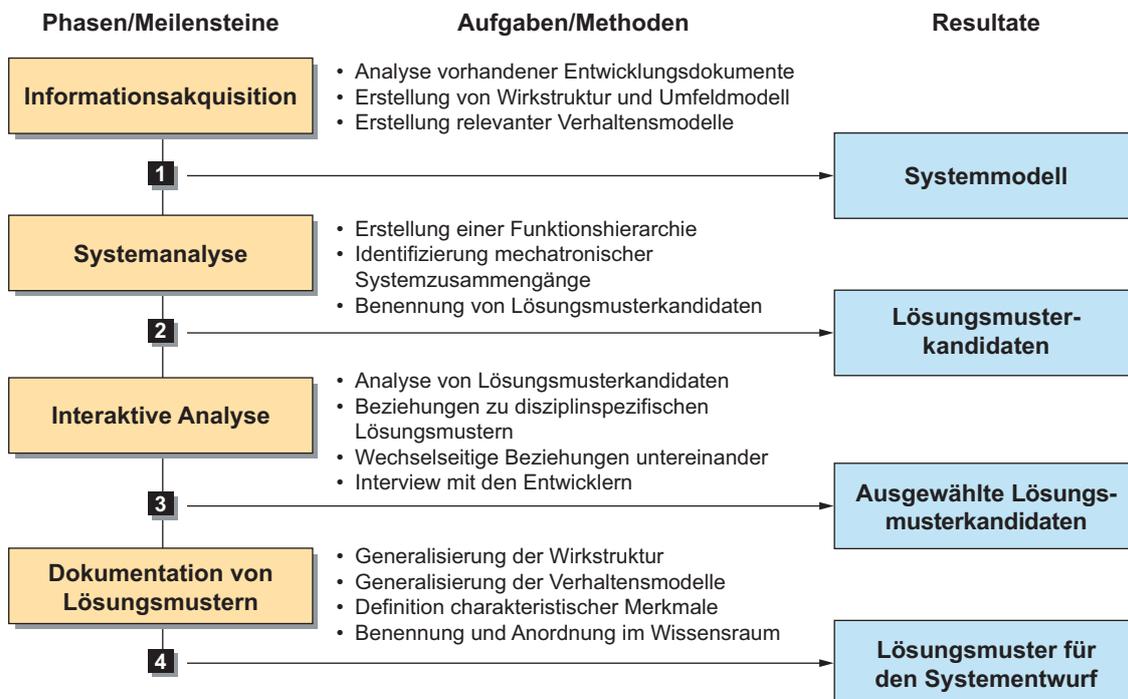


Bild 3-25: Vorgehensmodell zur Identifizierung von Lösungsmustern für den Systementwurf nach ANACKER [Ana15, S. 127]

**Informationsakquisition:** Ziel ist die Erstellung eines Systemmodells für das betrachtete Produkt. Hierzu werden vorhandene Entwicklungsdokumente aus unterschiedlichen Abteilungen gesichtet. Mit Hilfe der Spezifikationstechnik CONSENS werden Umfeldmodell, Wirkstruktur und Vorhaltensmodelle erstellt [Ana15, S. 127f.].

**Systemanalyse:** Das System wird in Form einer Funktionshierarchie abstrahiert. Im Anschluss werden auf Basis der Modelle mechatronische Systemzusammenhänge identifiziert. Es resultieren mechatronische Funktionseinheiten, die Lösungsmusterkandidaten darstellen. Die Lösungsmusterkandidaten werden anhand der zugrunde liegenden Funktionen (Problem) und zugehörigen Ausschnitte aus der Wirkstruktur und Verhaltensmodelle (Lösung) beschrieben [Ana15, S. 128f.].

**Interaktive Analyse:** Die Lösungsmusterkandidaten werden im Rahmen von interaktiven Diskussionen mit den Systementwicklern analysiert. Es werden einerseits Beziehungen zu disziplinspezifischen Lösungsmustern herausgearbeitet. Andererseits erfolgt eine Untersuchung der wechselseitigen Beziehungen untereinander [Ana15, S. 120f.].

**Dokumentation von Lösungswissen:** Die ausgewählten Lösungsmusterkandidaten werden definiert und dokumentiert. Dazu werden relevante Informationen aus dem Systemmodell generalisiert und in das Dokumentationsschema überführt. Darüber hinaus werden die Muster in einen multidimensionalen Wissensraum eingeordnet [Ana15, S. 130].

Das **Vorgehensmodell für einen lösungsmusterbasierten Systementwurf** umfasst nach Bild 3-25 fünf Phasen. Es zeigt auf, wie die Muster im Rahmen des Entwurfs mechatronischer Systeme anzuwenden sind.

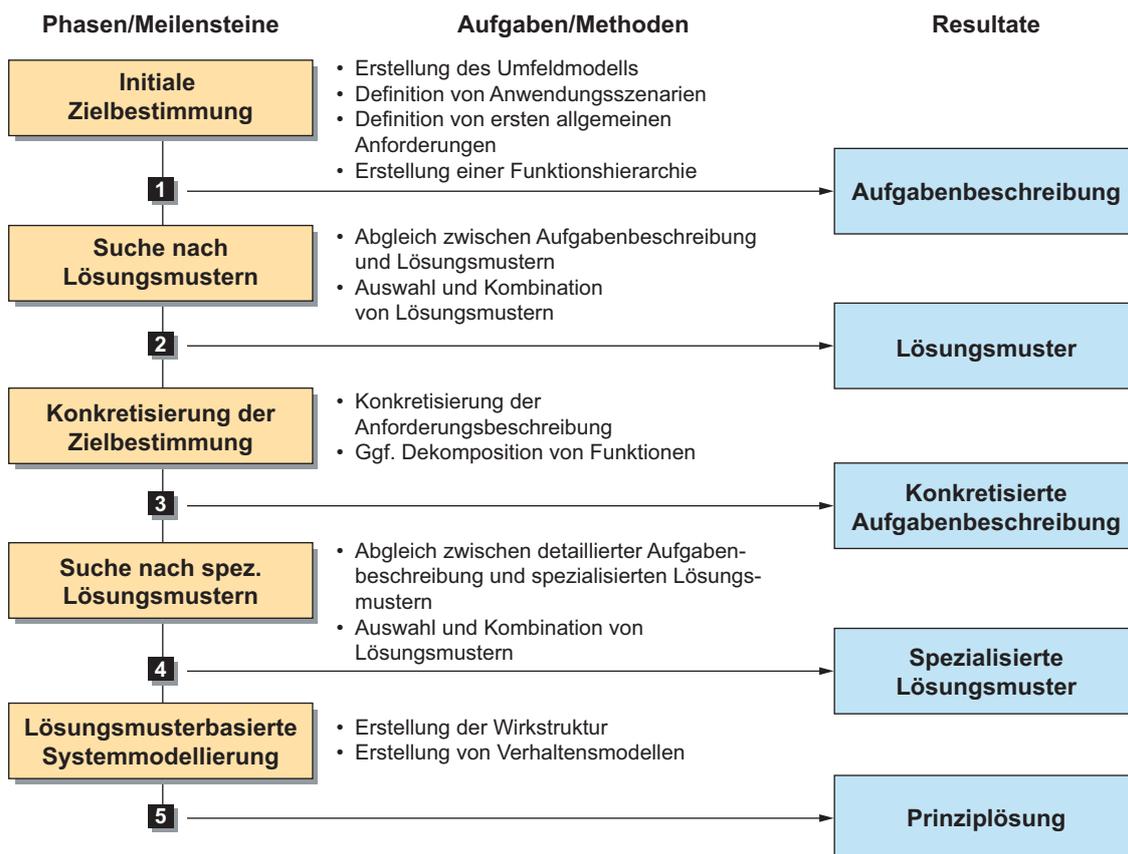


Bild 3-26: Vorgehensmodell für einen lösungsmusterbasierten Systementwurf nach ANACKER [Ana15, S. 131]

**Initiale Zielbestimmung:** Es werden ein Umfeldmodell und Anwendungsszenarien erstellt. Darüber hinaus werden erste allgemeine Anforderungen an das System definiert und in einer Anforderungsliste dokumentiert. Auf Basis der Anforderungsliste wird eine Funktionshierarchie erstellt [Ana15, S. 132f.].

**Suche nach Lösungsmustern:** Ziel sind Lösungsmuster für die zugrunde liegende Entwicklungsaufgabe. Hierzu erfolgt ein Abgleich zwischen spezifizierten Anforderungen und Funktionen (Aufgabenbeschreibung) und der Problembeschreibung in den Lösungsmustern. Ausgewählte Lösungsmuster werden in einem morphologischen Kasten gesammelt und von den Systementwicklern auf Kombinierbarkeit geprüft [Ana15, S. 133f.].

**Konkretisierung der Zielbestimmung:** Ausgehend von den ausgewählten Lösungsmustern erfolgt eine Konkretisierung der Anforderungsbeschreibung. Dies umfasst eine Detaillierung der bestehenden Anforderungen, Analyse von Restriktionen, Ergänzung neuer Anforderungen sowie ggf. weitere Dekomposition von Funktionen [Ana15, S. 134f.].

**Suche nach spezialisierten Lösungsmustern:** Vor dem Hintergrund der konkretisierten Aufgabenbeschreibung werden Lösungsmuster gesucht, die eine Spezialisierung der zuvor ausgewählten Muster darstellen. Beispielsweise wird das Lösungsmuster *elektrischer Antrieb* durch das Muster *Servoantrieb* spezialisiert. Es wird ein Spezialisierungsgrad angestrebt, der im Anschluss an den Systementwurf eine Überführung der Informationen in aussagekräftige formale Simulationen ermöglicht [Ana15, S. 135f.].

**Lösungsmusterbasierte Systemmodellierung:** Gegenstand ist die fachdisziplinübergreifende Spezifikation des mechatronischen Systems. Dazu werden die Wirkstruktur und Verhaltensmodelle des Systems unter Ausgestaltung der spezialisierten Lösungsmuster erstellt [Ana15, S. 136f.].

#### **Bewertung:**

ANACKER liefert ein ganzheitliches Instrumentarium für den musterbasierten Entwurf fortgeschrittener mechatronischer Systeme. Der Ansatz integriert eine große Bandbreite von Lösungsmustern, wobei in Teilen auch Lösungsmuster mit Bezug zur Digitalisierung berücksichtigt werden. Das Vorgehen zur Musteridentifikation erlaubt vorwiegend die Ableitung solcher Muster, die die technische Sichtweise der Digitalisierung adressieren. Das schließt die Nutzung des Ansatzes für die vorliegende Arbeit aus. Darüber hinaus erfolgt auch keine Berücksichtigung von Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Dennoch können die einzelnen Bestandteile des Instrumentariums Ansatzpunkte für die zu entwickelnde Systematik bieten, z.B. die Systematisierung der Muster im Wissensraum.

### **3.4 Ansätze zur strategischen Produktplanung**

Die zu entwickelnde Systematik ist in den Zyklus der strategischen Produktplanung einzuordnen (vgl. Abschnitt 2.2.1). Im Folgenden werden daher Ansätze untersucht, die diesem Aufgabengebiet zuzuordnen sind. Abschnitt 3.4.1 umfasst Ansätze zur Vorausschau. In Abschnitt 3.4.2 werden Ansätze zur Ideenfindung analysiert. Gegenstand von Abschnitt 3.4.3 sind Ansätze zur Konzipierung.

#### **3.4.1 Ansätze zur Vorausschau**

Die Digitalisierung führt in nahezu allen Branchen zu teilweise gravierenden Änderungen des Geschäfts. Unternehmen benötigen folglich eine Vorstellung von der digitalen Zukunft, um ihr Leistungsprogramm Erfolg versprechend ausrichten zu können (vgl. Abschnitt 2.3.2 und 2.4.5). Nachfolgend werden Ansätze analysiert, die eine systematische Vorausschau von Produkten, Märkten und Geschäftsumfeldern unterstützen.

### 3.4.1.1 Szenario-Technik nach GAUSEMEIER

Die Szenario-Technik nach GAUSEMEIER dient der systematischen Vorausschau von Märkten, Technologien und Geschäftsumfeldern. Die Nutzung von Szenarien in der strategischen Planung und Führung wird als Szenario-Management bezeichnet, was über die eigentliche Szenario-Erstellung hinausgeht [GDE+19, S. 122]. Das Szenario-Management erfolgt nach dem in Bild 3-27 dargestellten Vorgehensmodell in fünf Phasen.

**Szenario-Vorbereitung:** Zu Beginn werden die Ziele des Szenario-Projekts bestimmt und das Gestaltungsfeld in seiner gegenwärtigen Situation analysiert. Typische Gestaltungsfelder sind z.B. Unternehmen, Produkte, Branchen oder Technologien.

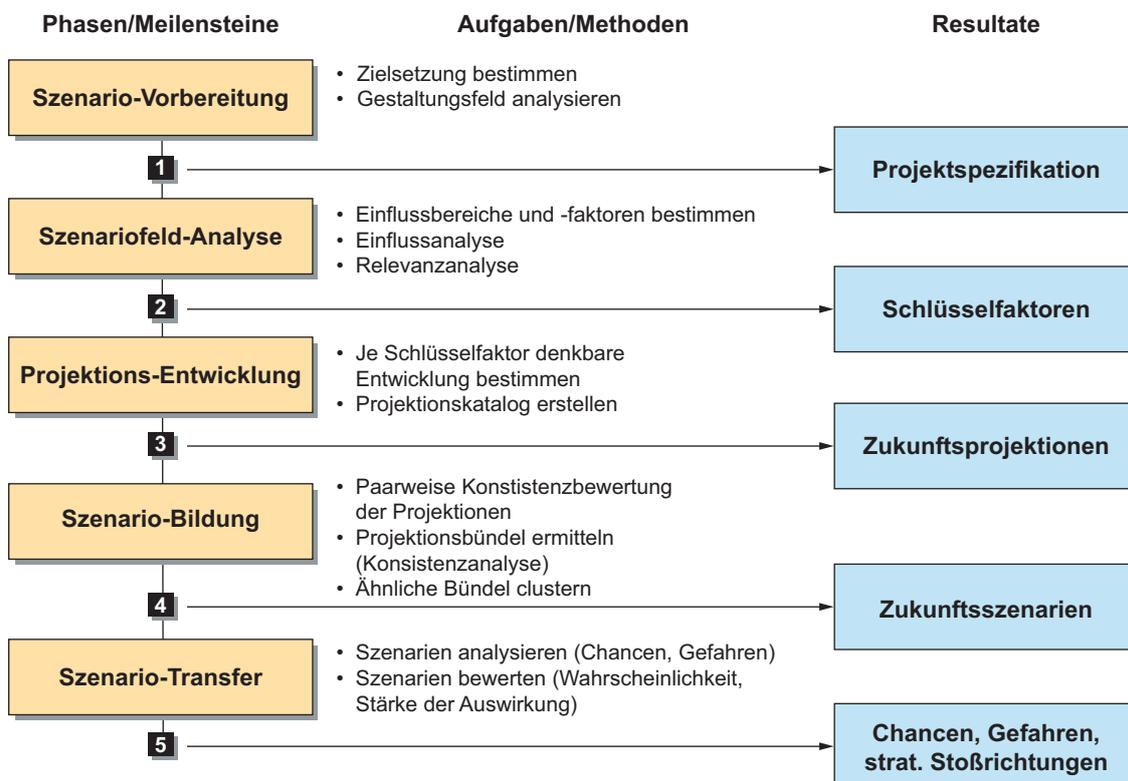


Bild 3-27: Vorgehensmodell des Szenario-Managements nach GAUSEMEIER [GP14, S. 48]

**Szenariofeld-Analyse:** Mit dieser Phase beginnt die Szenario-Erstellung. Das Szenariofeld wird in Einflussbereiche aufgeteilt, in denen Einflussfaktoren bestimmt werden. Mittels einer Einfluss- und Relevanzanalyse werden Schlüsselfaktoren ermittelt, d.h. Faktoren, die das Szenariofeld besonders prägen und einen besonders hohen Einfluss auf den Untersuchungsgegenstand ausüben. Für jeden Schlüsselfaktor wird eine Definition und fundierte Beschreibung der gegenwärtigen Situation erstellt [GP14, S. 50ff.].

**Projektions-Entwicklung:** Je Schlüsselfaktor werden nach dem Prinzip der multiplen Zukunft alternative Entwicklungsmöglichkeiten, sog. Zukunftsprojektionen, bestimmt. Neben wahrscheinlichen werden dabei auch explizit extreme, aber vorstellbare Entwicklungen berücksichtigt. Die Zukunftsprojektionen werden in einem Projektionskatalog zusammengefasst [GP14, S. 55ff.].

**Szenario-Bildung:** Die Zukunftsprojektionen werden paarweise auf Konsistenz bewertet. Auf Basis der Konsistenzbewertungen werden Projektionsbündel gebildet. Ein Projektionsbündel ist eine Kette von Projektionen, in der je Schlüsselfaktor genau eine Projektion auftritt. Nach einer Bündelreduktion werden ähnliche Bündel zu Szenarien geclustert. Die Szenarien werden in einer Ausprägungsliste dargestellt und in Prosa beschrieben, wobei auf die Texte aus dem Projektionskatalog zurückgegriffen wird [GP14, S. 61ff.].

**Szenario-Transfer:** Die Szenarien werden in Hinblick auf ihre Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungsstärke bewertet. Zudem erfolgt eine Analyse der Auswirkungen der Szenarien auf das Gestaltungsfeld. Dazu werden Chancen und Gefahren sowie eine strategische Stoßrichtung abgeleitet. Die strategische Ausrichtung kann entweder zukunftsrobust oder fokussiert erfolgen. Im ersten Fall wird die Strategie so gewählt, dass sie allen Szenarien gerecht wird. Im zweiten Fall ist auf das Eintreten eines Szenarios, das sog. Referenzszenario, ausgerichtet [GP14, S. 69ff.].

### **Bewertung:**

Die Szenario-Technik nach GAUSEMEIER ist eine bewährte Methode, um zukünftige Entwicklungen von Märkten, Technologien und Geschäftsumfelder zu antizipieren. Eine besondere Stärke der Methode ist, dass mehrere Entwicklungsmöglichkeiten ins Kalkül gezogen und alternative Zukunftsbilder betrachtet werden können. Auf diese Weise ermöglicht sie eine fundierte strategische Ausrichtung des Geschäfts. Die Szenario-Technik kann im Rahmen der zu entwickelnden Systematik somit einen wertvollen Beitrag leisten, um die digitale Zukunft vorauszudenken und eine strategische Stoßrichtung zur Digitalisierung des Produktprogramms abzuleiten. Eine evolutionäre Ausrichtung des Produktprogramms lässt sich durch die Methode jedoch nur bedingt unterstützen. Zwar lässt sich die digitale Zukunft präzise charakterisieren. Migrationsschritte, die in diese Zukunft führen, werden jedoch nicht aufgezeigt.

#### **3.4.1.2 Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Zukunftsszenarien nach REYMANN**

Das Verfahren nach REYMANN adressiert die Verknüpfung von Vorausschau und Strategieentwicklung im Sinne des 4-Ebenen-Modells der zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung nach GAUSEMEIER [GP14, S. 37ff.]. Durch die Retropolation von Zukunftsszenarien wird eine Szenario-Roadmap erstellt, die durch die Ableitung von strategischen Zwischenzielen und Maßnahmen zur Zielerreichung in eine Strategie-Roadmap überführt wird. Das Verfahren umfasst sieben Phasen (Bild 3-28), die nachfolgend erläutert werden. Der Schwerpunkt wird dabei auf die Phasen 3 bis 6 gelegt.

**Erstellung von Markt- und Umfeldszenarien:** Mit Hilfe der Szenario-Technik werden alternative Markt- und Umfeldszenarien erstellt. Dazu werden gemäß Bild 3-27 die Phasen Szenario-Vorbereitung, Szenario-Analyse, Projektions-Entwicklung und Szenario-Bildung durchlaufen [Rey13, S. 99ff.].

**Entwicklung von Strategievarianten:** Unter Anwendung des Verfahrens VITOSTRA nach BÄTZEL werden alternative Strategievarianten entwickelt [Bät04, S. 93ff.], [GP14, S. 177ff.]. Diese beruhen auf konsistenten Kombinationen von Ausprägungen strategischer Variablen, die das Geschäft eines Unternehmens beschreiben. Im Rahmen einer Branchenanalyse wird zusätzlich ermittelt, welche der idealtypischen Strategien das betrachtete Unternehmen und dessen Mitbewerber gegenwärtig vorrangig verfolgen [Rey13, S. 102ff.].

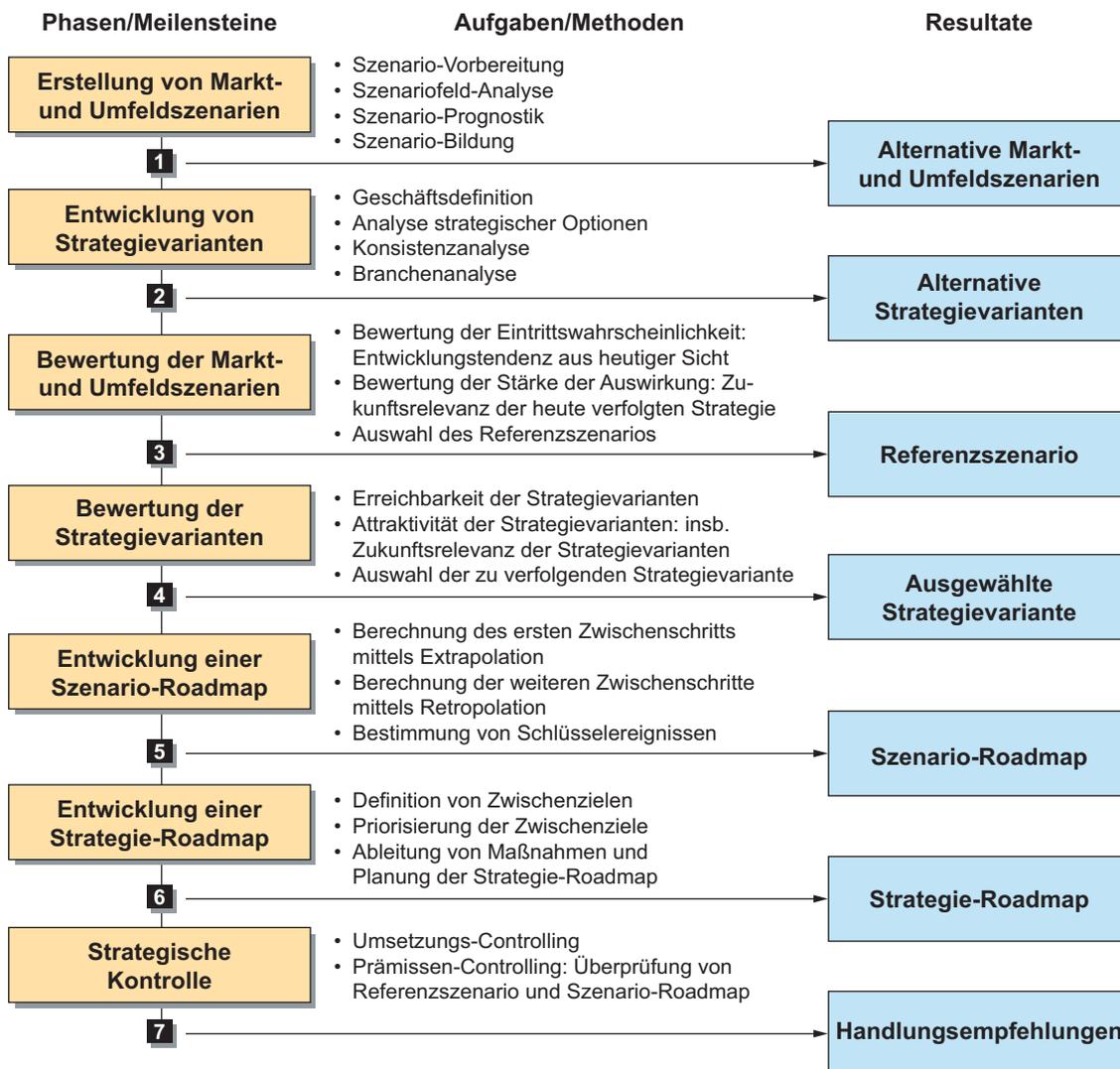


Bild 3-28: Vorgehensmodell zur Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Zukunftsszenarien nach REYMANN [Rey13, S. 96]

**Bewertung der Markt- und Umfeldszenarien:** Die entwickelten Markt- und Umfeldszenarien werden anhand der Kriterien Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungsstärke bewertet. Die *Eintrittswahrscheinlichkeit* (prozentualer Wert) wird wie folgt ermittelt: (1) Beschreibung der Ist-Situation in einer Ausprägungsliste und Ermittlung der sog. *Entwicklungstendenz* für jede Projektion; (2) Für jedes Szenario: Vergleich der Entwicklungstendenzen mit den Werten der Projektionen in der Ausprägungsliste; (2) Für jedes Szenario: Aufsummierung der Übereinstimmungen und Division des Wertes durch die

Anzahl der Projektionen. Die *Auswirkungsstärke* (absoluter Wert) wird folgendermaßen bestimmt: (1) Erstellung einer sog. *Zukunftsrelevanzmatrix*, in der paarweise die Auswirkungen der Projektionen auf die strategischen Variablen quantifiziert werden; (2) Multiplikation der Zukunftsrelevanzmatrix mit der Ausprägungsliste der heute verfolgten Strategie; (3) Für jedes Szenario: Multiplikation der resultierenden Matrix mit der Ausprägungsliste; (4) Für jedes Szenario: Bestimmung der Gesamtsumme aller Zahlen in der Matrix; (5) Berechnung der minimal und maximal möglichen Auswirkung zur absoluten Einschätzung der Gesamtwerte. Auf Basis der Bewertungen wird mit Hilfe eines Portfolios ein Referenzszenario ausgewählt [Rey13, S. 107ff.].

**Bewertung der Strategievarianten:** Die Bewertung der Strategievarianten erfolgt anhand der Kriterien Erreichbarkeit und Attraktivität. Zur Bestimmung der *Erreichbarkeit* wird eine sog. *Ausprägungswechsel-Matrix* erstellt, auf deren Basis eine Kennzahl für den Aufwand eines Strategiewechsels berechnet wird. Die *Attraktivität* wird unter Zuhilfenahme einer Nutzwertanalyse bestimmt, wobei auf die von BÄTZEL vorgeschlagenen Kriterien *Marktpotential*, *Wettbewerbsintensität*, *Wettbewerbsvorsprung*, *Potentialerschließung* und *Zielkonformität* zurückgegriffen wird. Zusätzlich schlägt REYMANN die Ermittlung der sog. *Zukunftsrelevanz* (absoluter Wert) vor, die wie folgt berechnet wird: (1) Multiplikation der Zukunftsrelevanzmatrix mit der Ausprägungsliste des Referenzszenarios; (2) Für jede Strategiealternative: Multiplikation der resultierenden Matrix mit der Ausprägungsliste der Strategiealternative; (3) Für jede Strategiealternative: Bestimmung der Gesamtsumme aller Zahlen in der Matrix; (4) Berechnung der minimal und maximal möglichen Zukunftsrelevanz zur absoluten Einschätzung der Gesamtwerte. Ausgehend von den Bewertungen erfolgt die Auswahl einer Strategievariante (Referenzstrategie) auf Basis eines Portfolios [Rey13, S. 120ff.].

**Entwicklung einer Szenario-Roadmap:** Ziel sind Zwischenschritte auf dem Weg in das Referenzszenario, wobei die Anzahl der Zwischenschritte frei gewählt werden kann. Der erste Zwischenschritt wird ausgehend von der Ausprägungsliste der Ist-Situation mittels Extrapolation berechnet. Dazu wird zunächst für jeden Schlüsselfaktor auf Basis der zuvor ermittelten Entwicklungstendenzen ein *Verschiebungsfaktor* ermittelt. Anhand des Verschiebungsfaktors wird im Anschluss bestimmt, wie viele „Punkte“ des Werts einer Projektion in der Ausprägungsliste zu den jeweils anderen Projektionen eines Schlüsselfaktors umverteilt werden sollen. Es resultiert eine neue Ausprägungsliste für den ersten Zwischenschritt. Die weiteren Zwischenschritte auf dem Weg vom ersten Zwischenschritt zum Referenzszenario werden durch lineare Interpolation (Retropolation) gebildet. Im Ergebnis liegt für die heutige Situation, für die einzelnen Zwischenschritte und für das Referenzszenario eine Ausprägungsliste vor, was REYMANN als Szenario-Roadmap bezeichnet. Zuletzt werden Schlüsselereignisse ermittelt und beschrieben, die zu den Entwicklungen in der Szenario-Roadmap führen können bzw. diese erklären [Rey13, S. 128ff.].

**Entwicklung einer Strategie-Roadmap:** Aus der Referenzstrategie werden Zwischenziele abgeleitet. Zwischenziele entsprechen Ausprägungen strategischer Variablen, die in

relevantem Ausmaß in der Referenzstrategie enthalten sind, in der heutigen Strategie jedoch noch nicht ausreichend Berücksichtigung finden. Zur Identifikation derartiger Ausprägungen wird wie folgt vorgegangen: (1) Bildung der Differenz aus der Ausprägungsliste der Referenzstrategie und der heute verfolgten Strategie; (2) Ermittlung solcher Ausprägungen, deren Differenzwert einen definierten Schwellwert übersteigt. Die Zwischenziele werden im Anschluss priorisiert und den Schritten der Szenario-Roadmap zugeordnet. Dazu wird folgendes Vorgehen durchlaufen: (1) Multiplikation der Zukunftsrelevanzmatrix mit der Ausprägungsliste der Referenzstrategie; (2) Für jeden Schritt der Roadmap: Multiplikation der resultierenden Matrix mit der Ausprägungsliste des Einzelschrittes; (3) Für jeden Schritt der Roadmap: Bildung der Spaltensumme in der Matrix; (4) Für jedes Zwischenziel: Division der Spaltensummen eines jeden Einzelschrittes durch die Spaltensumme des Referenzszenarios (letzter Schritt in der Szenario-Roadmap); (5) Zuordnung des Zwischenziels zu dem Schritt der Szenario-Roadmap, bei dem ein definierter Grenzwert das erste Mal überschritten wird. Für die priorisierten Zwischenziele werden im Nachgang Maßnahmen zu deren Erreichung abgeleitet und in einer Roadmap verortet. Hierbei wird zwischen einer Grob- und Feinplanung unterschieden [Rey13, S. 135ff.].

**Strategische Kontrolle:** Es erfolgt ein Umsetzungs- und Prämissen-Controlling für die Referenzstrategie. Für das Umsetzungs-Controlling wird eine Balanced Scorecard verwendet. Im Rahmen des Prämissen-Controllings werden das Referenzszenario und die Szenario-Roadmap an definierten *Kontrollterminen* überprüft. Zur Überprüfung des Referenzszenarios wird Phase 3 erneut durchlaufen, wobei das Referenzszenario entweder bestätigt oder ein anderes Referenzszenario ausgewählt wird. Im letzten Fall werden bestimmte Phasen des Vorgehens wiederholt. Die Überprüfung der Szenario-Roadmap beruht auf einem *Soll-/Ist-Vergleich*. Die Soll-Werte werden für jeden Kontrolltermin auf Basis der Ausprägungslisten der Szenario-Roadmap interpoliert. Zur Bestimmung der Ist-Werte wird jeweils eine neue Ausprägungsliste mit der Ist-Situation erstellt. Durch Abgleich der Soll- und Ist-Werte wird unter Gewährung einer Toleranz ermittelt, wie viel Prozent der Projektionen an einem Kontrolltermin übereinstimmen. Liegt der Wert unter einem definierten Grenzwert, wird empfohlen die Szenario-Roadmap neu zu berechnen [Rey13, S. 144ff.].

### **Bewertung:**

REYMANN liefert ein detailliertes Vorgehen, das es erlaubt, Strategien mit Zukunftsszenarien zu synchronisieren. Das Konstrukt der Szenario-Roadmap ermöglicht es, nicht nur das Referenzszenario als Zielbild zu beschreiben, sondern auch die Migrationsschritte, die in das Szenario führen. Mit Hilfe der Strategie-Roadmap werden strategische Ziele und Maßnahmen zur Erreichung des Zielbilds vorgegeben, die unmittelbar aus der Szenario-Roadmap abgeleitet werden. In der zu entwickelnden Systematik lassen sich diese beiden methodischen Bausteine aufgreifen, um die geforderte evolutionäre Ausrichtung des Produktprogramms auf die Digitalisierung zu realisieren: Die Szenario-Roadmap beschreibt in diesem Zusammenhang den Weg in die digitale Zukunft. Die Strategie-Roadmap stellt in Form einer Digitalisierungs-Roadmap dar, welche Digitalisierungsoptionen bis zu welchem Zeitpunkt umzusetzen sind, um das Zielbild zu erreichen.

### 3.4.2 Ansätze zur Ideenfindung

Im Rahmen der zu entwickelnden Systematik gilt es Ideen zur Digitalisierung des Produktprogramms zu generieren. Die Ideen müssen sich dabei an den Bedürfnissen der Kunden orientieren – eine Digitalisierung zum Selbstzweck ist nicht zulässig (vgl. Abschnitt 2.4.3). Im Folgenden werden daher Ansätze zur Ideenfindung untersucht, die den Kunden in den Mittelpunkt der Betrachtung stellen.

#### 3.4.2.1 Design Thinking

Design Thinking ist ein kundenorientierter Innovationsansatz zur Entwicklung von Problemlösungsideen. Als Protagonisten des Design Thinkings gelten die Universität Stanford, die Design- und Innovationsagentur IDEO und das Hasso-Plattner-Institut [GDE+19, S. 192]. Der Ansatz beruht maßgeblich auf den Vorgehensweisen und Methoden von Designern und folgt drei grundlegenden Prinzipien: Multidisziplinäre Teams (*People*) arbeiten in variablen Räumen (*Place*) nach einem kreativen Prozess (*Process*) [HPI18-ol]. Im Folgenden wird der Fokus auf den Prozess gelegt.

Der Design Thinking-Prozess<sup>43</sup> umfasst gemäß Bild 3-29 sechs Phasen, die iterativ durchlaufen werden. Zentrales Merkmal ist der gezielte Wechsel von divergentem und konvergentem Denken. Zunächst wird der Denkraum möglichst weit geöffnet, um aus alten Denkbahnen auszubrechen und Platz für radikale Ideen zu schaffen (divergentes Denken). Im Anschluss werden die Ideen zusammengeführt und zu einer bzw. mehreren Erfolg versprechenden Lösungen kanalisiert (konvergentes Denken) [LLL17, S. 36].

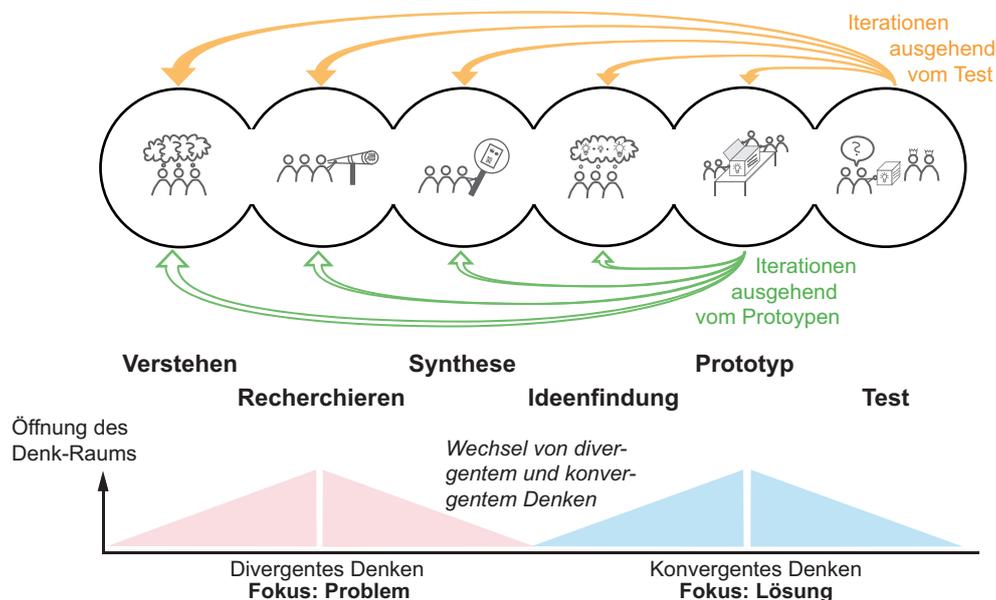


Bild 3-29: Der Prozess des Design Thinking [GDE+19, S. 194], [HPI18-ol]

<sup>43</sup> Bei dem dargestellten Prozess handelt es sich um den ursprünglichen Prozess des Design Thinking, den sog. Mikro-Prozess. Darüber hinaus wurde von der Universität St. Gallen der sog. Makro-Prozess entwickelt, der eine idealtypische Reihenfolge zur Entwicklung von Prototypen beschreibt [BUA16, S. 11ff.].

**Verstehen:** Ziel ist ein einheitliches Verständnis für die zugrunde liegende Problemstellung und das damit verbundene Problemfeld (Kunde, Markt, Technologie, Rahmenbedingungen, Restriktionen, Einflussfaktoren etc.) [GP09, S. 19].

**Recherchieren:** Durch gezielte Beobachtungen, Dialoge und Interaktionen in realen Situationen soll Empathie für den Kunden und dessen Problemstellung aufgebaut werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden dokumentiert und visualisiert (Notizen, Skizzen, Fotos etc.), um sie allen Teammitgliedern zugänglich zu machen [GP09, S. 20].

**Synthese:** Die ermittelten Informationen werden gesichtet, interpretiert, zusammengefasst und miteinander verknüpft. Dies geschieht z.B. in Form von Diagrammen wie Mengen- und Zwiebel-Diagrammen oder in Prozessfolgen wie Customer Journeys. Aus den aggregierten Informationen werden mögliche Innovationsfelder abgeleitet [GP09, S. 20].

**Ideenfindung:** Für die definierten Innovationsfelder werden zunächst konkrete Fragestellungen formuliert. Ausgehend von den Fragen werden im Rahmen von Brainstorming-Sessions Ideen generiert. Die Ideen werden auf Klebezetteln notiert und mit Skizzen angereichert. Im Anschluss werden die Ideen sortiert, gruppiert und ggf. zusammengefasst. Es schließt sich eine Bewertung und Auswahl der Ideen an [GP09, S. 21].

**Prototyp:** Es werden Prototypen für die zuvor ausgewählten Ideen angefertigt. Die Bandbreite erstreckt sich dabei von sehr rudimentären Ausarbeitungen wie Papp- oder Papiermodellen über Rollenspiele bis hin zu voll funktionsfähigen Design- und Funktionsmustern. Die Prototypen dienen sowohl zur Ideenvalidierung als auch zur Ideenkonkretisierung und weiteren Ideengenerierung. Werden im Rahmen der Prototypenerstellung etwaige Schwächen identifiziert, erfolgt ein Rücksprung in die vorherigen Phasen [GP09, S. 21f.].

**Test:** Die Ideen werden mit Hilfe der Prototypen getestet. In Abhängigkeit des Kundenfeedbacks erfolgt in weiteren Iterationsschleifen eine Verfeinerung und Verbesserung der Ideen. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt, bis eine zufriedenstellende Lösung gefunden wurde [GP09, S. 21f.].

### **Bewertung:**

Das Design Thinking ist ein bewährter Ansatz, der den Kunden in den Mittelpunkt des Entwicklungsgeschehens stellt. Durch gezielte Kundenbeobachtungen, -befragungen etc. wird die zu entwickelnde Marktleistung auf das tatsächliche Kundenproblem ausgerichtet. Das iterative Entwickeln und Testen von Prototypen ermöglicht eine frühzeitige Absicherung des Marktleistungskonzepts und vermeidet kostspielige Iterationen in den späten Entwicklungsphasen. Mit Blick auf die angestrebte Systematik bietet es sich an, insbesondere das Paradigma der kundenzentrierten Entwicklung aufzugreifen. Das Vorgehen zur Ideenfindung lässt sich nur bedingt übertragen. Durch den Einsatz der Methode Brainstorming wird zwar die Kreativität der Beteiligten erhöht. Eine Kompensation des fehlenden Digitalisierungswissens wird jedoch nicht geleistet.

### 3.4.2.2 Value Proposition Design nach OSTERWALDER ET AL.

Der Value Proposition Design-Prozess nach OSTERWALDER ET AL. zielt darauf ab, die Marktleistungen und das Geschäftsmodell eines Unternehmens auf die Bedürfnisse der avisierten Kunden auszurichten. Der Prozess umfasst gemäß Bild 3-30 vier Phasen, die nachfolgend beschrieben werden. Als zentrales Werkzeug kommt das in Bild 3-31 dargestellte Value Proposition Canvas zum Einsatz [OPB+15, S. XIIff.].

**Erstellung des Kundenprofils:** Zu Beginn wird ein Kundensegment ausgewählt, für das Marktleistungen angeboten werden sollen. Anschließend werden die Aufgaben beschrieben, die die Kunden bei ihrer Arbeit oder in ihrem Alltag zu erledigen versuchen. Vor dem Hintergrund der Aufgaben werden Probleme und Gewinne der Kunden identifiziert. Probleme beschreiben alles, was die Kunden vor, während oder nach Erledigung einer Aufgabe bekümmert oder sie davon abhält, die Aufgabe zu erledigen. Gewinne beschreiben die Ergebnisse und Vorteile, die die Kunden wünschen oder erwarten. Die Kundenaufgaben, -probleme und -gewinne werden in dem Canvas verortet (Bild 3-31, rechte Seite) und hinsichtlich ihrer Wichtigkeit, Schwere und Relevanz gewichtet [OPB+15, S. 12ff.].

**Abbildung des Wertangebots:** Zunächst werden die gegenwärtigen Produkte und Dienstleistungen ermittelt. Ausgehend davon werden Problemlöser und Gewinnerzeuger benannt. Problemlöser beschreiben, wie eine Marktleistung spezifische Kundenprobleme löst. Gewinnerzeuger legen dar, wie eine Marktleistung für den Kunden Gewinn schafft. Die Produkte und Dienstleistungen, Problemlöser und Gewinnerzeuger werden in das Canvas eingetragen (Bild 3-31, linke Seite) und nach ihrer Relevanz sortiert [OPB+15, S. 28ff.].

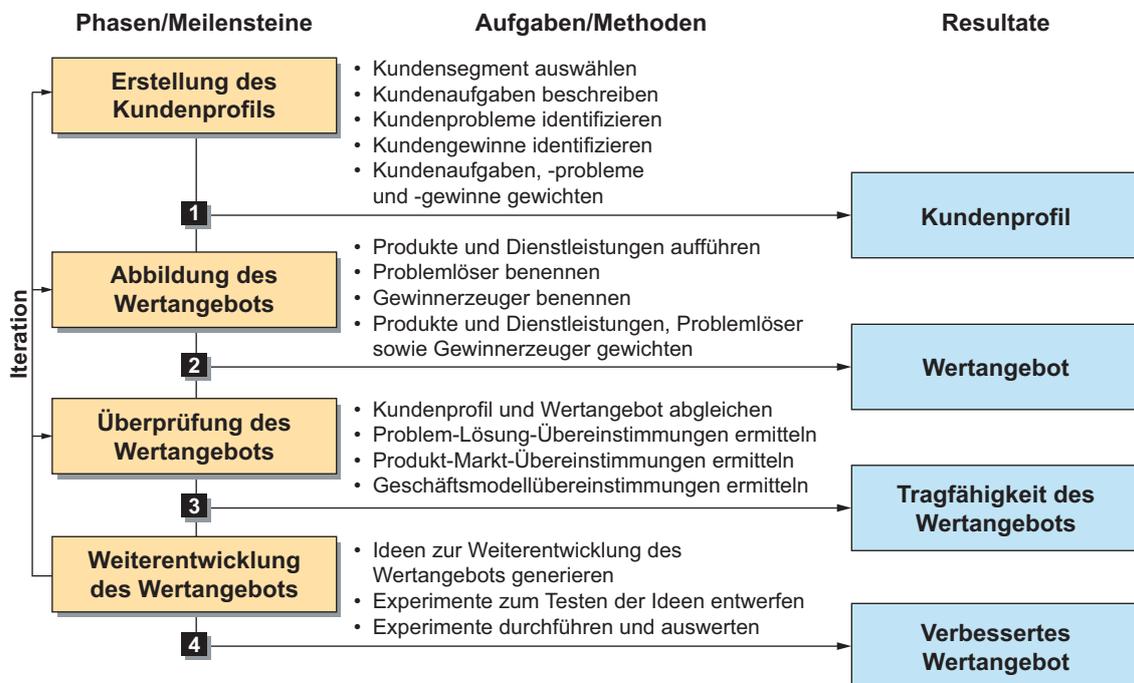


Bild 3-30: Vorgehensmodell des Value Proposition Design-Prozess nach OSTERWALDER ET AL.; eigene Darstellung in Anlehnung an [OPB+15, S. XIIff.]

**Überprüfung des Wertangebots:** Kundenprofil und Wertangebot werden miteinander abgeglichen. Je Problemlöser und Gewinnerzeuger wird geprüft, ob dieser sich für eine Kundenaufgabe, ein Problem oder ein Gewinn als tauglich erweist. Es werden drei Arten von Übereinstimmungen unterschieden: Eine Problem-Lösung-Übereinstimmung liegt vor, wenn Gewissheit besteht, dass den Kunden bestimmte Aufgaben, Probleme und Gewinne wichtig sind und ein entsprechendes Wertangebot erstellt wurde, das selbige adressiert. Von einer Produkt-Markt-Übereinstimmung wird gesprochen, wenn eine Marktleistung am Markt Fuß fasst und Gewissheit besteht, dass sie tatsächlich Kundenwert schafft. Eine Geschäftsmodellübereinstimmung setzt einen Nachweis darüber voraus, dass sich die Marktleistung mit einem profitablen und erweiterbaren Geschäftsmodell vertreiben lässt [OPB+15, S. 42ff.].

**Weiterentwicklung des Wertangebots:** Sofern die Kundenaufgaben, -probleme und -gewinne durch die gegenwärtigen Marktleistungen nicht ausreichend adressiert werden, werden Ideen zur Verbesserung des Wertangebots generiert. OSTERWALDER ET AL. schlagen hierfür verschiedene Ansatzpunkte (z.B. Technology Push und Market Pull) und Methoden (z.B. Methoden der Kundenbefragung und -beobachtung) vor. Zur Validierung der Ideen werden Experimente entworfen, durchgeführt und ausgewertet. Dazu werden ebenfalls verschiedene Leitfäden sowie eine Sammlung möglicher Experimente bereitgestellt (z.B. Ad Tracking, Minimalprodukte etc.). Vor dem Hintergrund der neuen Ideen wird das Wertangebot erneut abgebildet und überprüft. OSTERWALDER ET AL. empfehlen, diesen Prozess zu verstetigen und die Marktleistungen und Geschäftsmodelle eines Unternehmens regelmäßig auf den Prüfstand zu stellen [OPB+15, S. 62ff.].

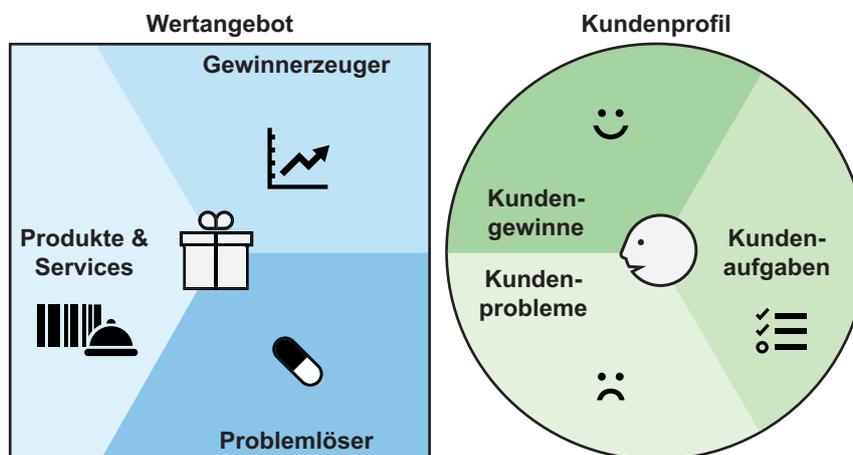


Bild 3-31: Value Proposition Canvas nach OSTERWALDER ET AL. [OPB+15, S. 8f.]

### Bewertung:

Der Value Proposition Design-Prozess ist ein etabliertes Vorgehen, um Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle marktgerecht zu gestalten. Die detaillierte Analyse der Kundenaufgaben, -probleme und -gewinne stellt eine konsequente Fokussierung auf den Kundennutzen sicher, was die Chancen für einen Markterfolg erhöht. Es erscheint daher vielversprechend, die Grundidee des Ansatzes im Rahmen der Systematik zu übernehmen.

So könnten nutzenstiftende Digitalisierungsoptionen durch den Abgleich der Kundenprobleme und -gewinne mit den angestrebten Digitalisierungsprinzipien ermittelt werden.

### 3.4.3 Ansätze zur Konzipierung

Die Ideen zur Digitalisierung des Produktprogramms sind zu spezifizieren und in ein entsprechendes Konzept zu überführen. In diesem Zusammenhang gilt es darauf zu achten, die Variantenvielfalt wirtschaftlich bewältigen zu können (vgl. Abschnitte 2.2.2 und 2.4.5). In diesem Abschnitt werden daher Ansätze zur Konzipierung von Marktleistungen und Geschäftsmodellen analysiert.

#### 3.4.3.1 Spezifikationstechnik CONSENS nach GAUSEMEIER

Die Spezifikationstechnik CONSENS (CONceptual design Specification technique for the Engineering of complex Systems) dient zur ganzheitlichen, disziplinübergreifenden Konzipierung fortgeschrittener mechatronischer Systeme. Ziel ist die integrative Erarbeitung einer Prinziplösung für das Produkt, den damit verbundenen Dienstleistungen sowie dem zugehörigen Produktionssystem. Zur Beschreibung der Entwicklungsobjekte werden gemäß Bild 3-32 jeweils verschiedene Aspekte (Entwicklungsgesichtspunkte) herangezogen, die durch Diagramme spezifiziert werden. Die rechnerinterne Repräsentation der Aspekte erfolgt durch Partialmodelle. Da die Aspekte in Beziehung zueinander stehen und ein konsistentes Ganzes ergeben, besteht die Prinziplösung aus einem kohärenten System von Partialmodellen, was auch als Systemmodell bezeichnet wird. [GDE+19, S. 416ff.]. Im Folgenden werden die Produkt- und Dienstleistungskonzeption betrachtet.

Die **Produktkonzeption** gliedert sich in die Aspekte Umfeld, Anwendungsszenarien, Anforderungen, Funktionen, Wirkstruktur, Verhalten und Gestalt.

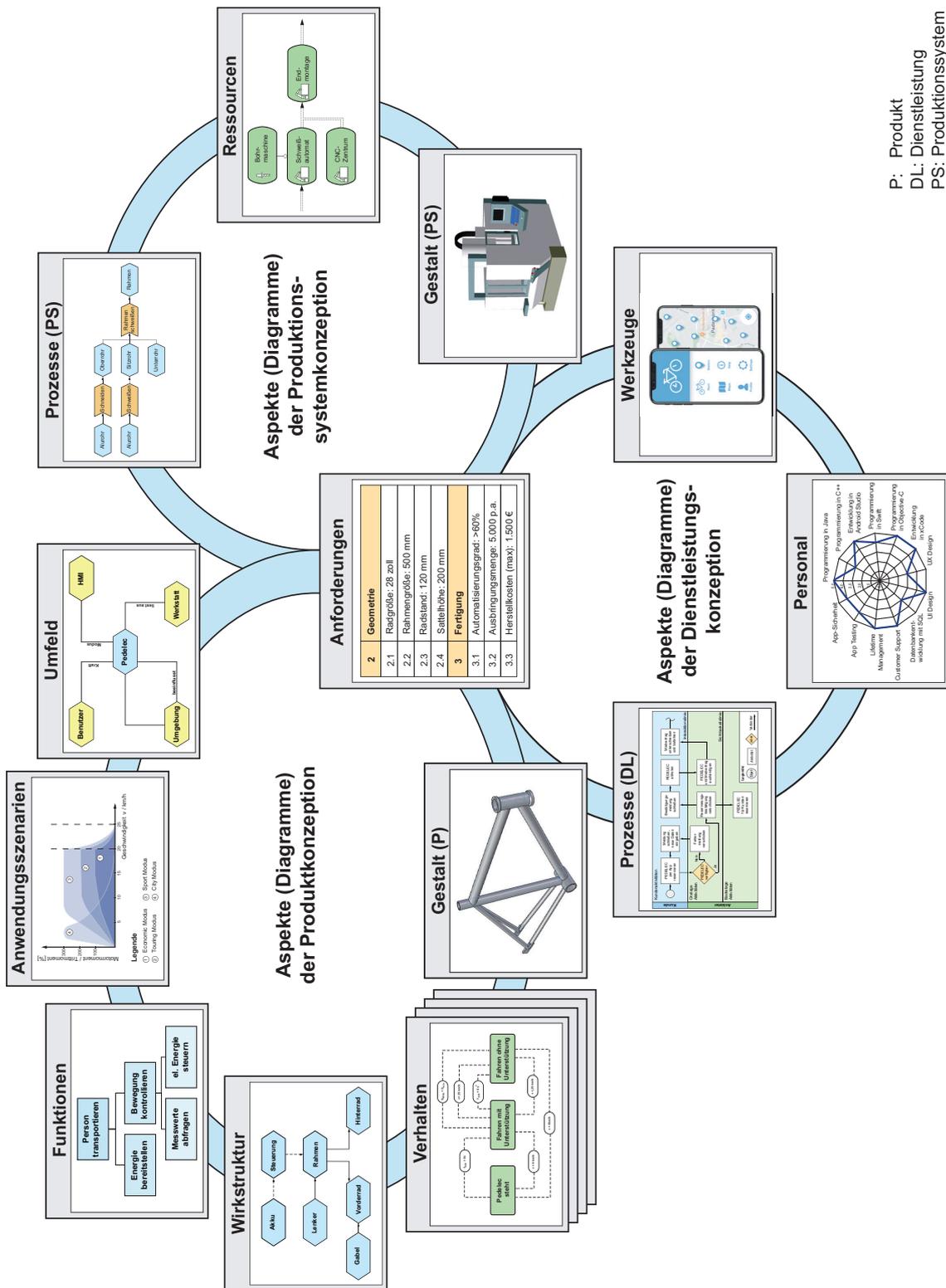
**Umfeld:** In diesem Aspekt wird die Interaktion des Systems mit Elementen aus dem Umfeld beschrieben, z.B. Benutzer, Energiequelle etc. Das System selbst wird dabei als Black Box betrachtet [GDE+19, S. 419].

**Anwendungsszenarien:** In Form von Steckbriefen werden charakteristische Betriebssituationen entlang des Produktlebenszyklus beschrieben, für die das System auszulegen ist. Es wird spezifiziert, wie sich das System in der jeweiligen Situation verhalten soll [GDE+19, S. 419ff.].

**Anforderungen:** Es werden sämtliche Anforderungen an das System gesammelt und in einer Anforderungsliste dokumentiert. Die Beschreibung der Anforderungen erfolgt textuell und kann ggf. durch Attribute und zugehörige Ausprägungen konkretisiert werden. Die Anforderungsliste liefert eine lösungsneutrale Beschreibung des Systems [GDE+19, S. 421].

**Funktionen:** In diesem Aspekt wird die gewünschte Funktionalität des Systems in Form einer Funktionshierarchie beschrieben. Dabei werden übergeordnete Funktionen solange

in Subfunktionen untergliedert, bis für die Subfunktionen geeignete Lösungselemente gefunden werden [GDE+19, S. 421f.].



P: Produkt  
DL: Dienstleistung  
PS: Produktionssystem

Bild 3-32: Aspekte und entsprechende Diagramme zur Beschreibung der Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystemkonzeption [GDE+19, S. 418]

**Wirkstruktur:** In diesem Aspekt werden der grundsätzliche Aufbau und die prinzipielle Wirkungsweise des Systems beschrieben. Dazu werden die Systemelemente (Module, Bauteile, Softwarekomponenten etc.) sowie ihre Beziehungen zueinander (Energiefluss, Stofffluss, Signalfluss etc.) modelliert [GDE+19, S. 422ff.].

**Verhalten:** Dieser Aspekt beschreibt auf einer Seite die Zustände und Zustandsübergänge des Systems. Auf der anderen Seite werden die Ablaufprozesse, die sich in einem Systemzustand vollziehen, spezifiziert [GDE+19, S. 424f.].

**Gestalt:** Hier werden erste Angaben über Form, Lage, Anordnung und Art der Wirkflächen und Wirkorte des Systems gemacht. Die rechnerinterne Modellierung erfolgt in der Regel mit Hilfe gängiger 3D CAD-Systeme [GDE+19, S. 425].

Die **Dienstleistungskonzeption** umfasst neben dem bereits beschriebenen Aspekt Anforderungen die Aspekte Prozesse, Personal und Werkzeuge.

**Prozesse:** In diesem Aspekt wird der sachlogische Ablauf der Dienstleistung abgebildet. Dazu werden die Aktivitäten, die zur Erbringung der Dienstleistung erforderlich sind, modelliert [GDE+19, S. 426].

**Personal:** Hier werden die Akteure beschrieben, die die Aktivitäten im Dienstleistungsprozess ausführen. Es werden direkte Aktivitäten (für den Kunden sichtbar) und indirekte Aktivitäten (für den Kunden unsichtbar) unterschieden [GDE+19, S. 426f.].

**Werkzeuge:** Dieser Aspekt liefert eine Beschreibung der Werkzeuge, die zur Ausführung der Aktivitäten im Dienstleistungsprozess benötigt werden. Bei Werkzeugen kann es sich um materielle und immaterielle Ressourcen handeln [GDE+19, S. 427f.].

### **Bewertung:**

Die Spezifikationstechnik CONSENS ermöglicht eine vollständige Beschreibung der Prinziplösung technischer Systeme. Die unterschiedlichen Aspekte und Diagramme bilden die Bestandteile und Zusammenhänge eines Systems transparent und allgemeinverständlich ab. Die Systembeschreibung kann dabei auf unterschiedlichen Ebenen erfolgen – von der Gesamtsystemebene bis hin zu einzelnen Subsystemen. Im Rahmen der zu entwickelnden Systematik soll daher auf CONSENS zurückgegriffen werden, um Ideen für digitale Produktfeatures (Produkt) oder digitale Dienstleistungen rund um das Produkt (Service) zu spezifizieren.

#### 3.4.3.2 Strukturelles Komplexitätsmanagement nach LINDEMANN ET AL.

LINDEMANN ET AL. stellen ein Vorgehen zum strukturellen Komplexitätsmanagement im Kontext Produktentwicklung bereit, das eine systematische Analyse, Kontrolle und Verbesserung hochvernetzter Systeme erlaubt. Die Basis bildet ein matrixbasierter Ansatz, wobei je nach Anwendungsfall drei grundlegende Arten von Matrizen zur Anwendung kommen können (Bild 3-33) [LMB09, S. 49ff.], [Mau07, S. 53ff.]:

- **Design Structure Matrix (DSM):** Diese enthält in den Zeilen und Spalten die gleichen Elemente (sog. *Intra-Domain Matrix*) und ermöglicht eine Analyse der Vernetzung innerhalb eines Systems [Ste81, S. 71ff.], [EWS+94, S. 2ff.]. Im Allgemeinen werden statische (z.B. zur Abbildung von Komponenten) und dynamische (z.B. zur Abbildung von Prozessen) Matrizen unterschieden [Mau07, S. 56f.], [LMB09, S. 52f.].
- **Domain Mapping Matrix (DMM):** Sie enthält unterschiedliche Elemente in den Zeilen und Spalten (sog. *Inter-Domain Matrix*) und bildet Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Domänen ab [DB01], [Mau07, S. 58].
- **Multiple-Domain Matrix (MDM):** Hierbei handelt es sich um eine Meta-Matrix, die durch die Integration von Design Structure Matrizen und Domain Mapping Matrizen gebildet wird.

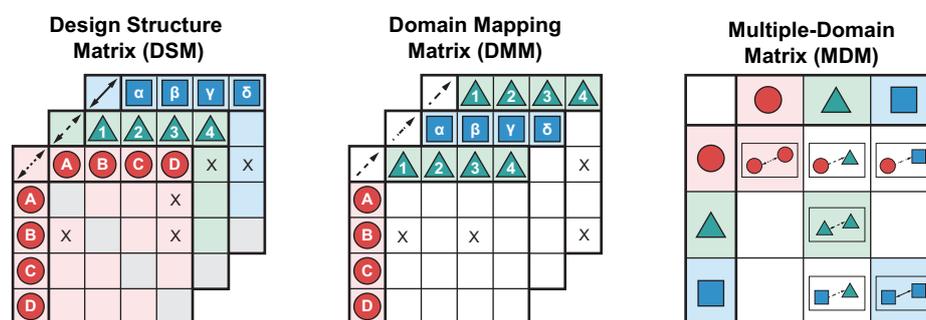


Bild 3-33: Aufbau einer DSM, DMM und MDM [LMB09, S. 69ff.]

Das Vorgehen zum strukturellen Komplexitätsmanagement umfasst die in Bild 3-34 dargestellten fünf Phasen. Sie werden nachfolgend erläutert.

**Systemdefinition:** Zu Beginn wird für ein gegebenes Problem eine Multiple-Domain Matrix (MDM) aufgebaut. Hierzu werden die relevanten Domänen ermittelt, die Systemelemente und deren Detaillevel definiert sowie die zu betrachtenden Abhängigkeitsarten zwischen den Elementen festgelegt. Beispiele für mögliche Domänen sind *Komponenten*, *Personen* und *Daten* [LMB09, S. 67ff.], [Mau07, S. 71ff.].

**Informationsakquisition:** Es werden direkte Abhängigkeiten zwischen den Elementen ermittelt und in die jeweiligen Untermatrizen der Multiple-Domain Matrix eingetragen. Zur Bestimmung der Abhängigkeiten wird auf existierende Datenbestände (z.B. aus Softwarewerkzeugen) zurückgegriffen. Für den Fall, dass keine geeigneten Datenbestände zur Verfügung stehen, sind Interviews durchzuführen [LMB09, S. 79ff.], [Mau07, S. 94ff.].

**Ableitung indirekter Abhängigkeiten:** Ausgehend von den erfassten direkten Abhängigkeiten, werden indirekte Abhängigkeiten ermittelt. Diese liegen dann vor, wenn zwei Elemente einer Domäne zwar nicht direkt miteinander verknüpft sind, aber durch Verbindungen mit Elementen anderer Domänen auf Umwegen in Beziehung zueinander stehen. Zur Ermittlung der indirekten Abhängigkeiten werden Berechnungsvorschriften bereitgestellt, die auf Matrizenmultiplikation innerhalb der Multiple-Domain Matrix beruhen. Es werden sechs Anwendungsfälle unterschieden, die in Abhängigkeit des zugrunde liegenden Problems auszuwählen sind. Für die Interpretation der indirekten Abhängigkeiten

können darüber hinaus Visualisierungstechniken und unterschiedliche Sichten herangezogen werden [LMB09, S. 90ff.], [Mau07, S. 112ff.].

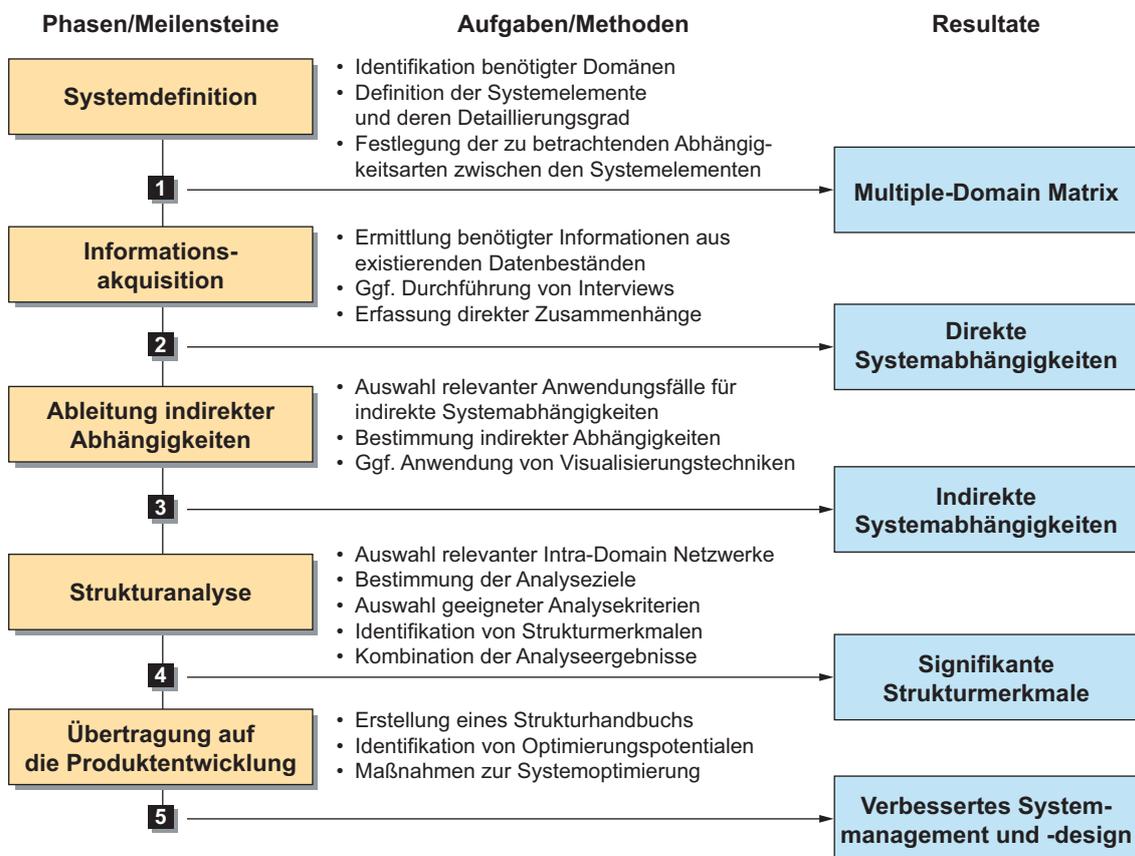


Bild 3-34: Vorgehensmodell zum strukturellen Komplexitätsmanagement nach LINDEMANN ET AL. in Anlehnung an [LMB09, S. 64ff.], [Mau07, S. 69ff.]

**Strukturanalyse:** Gegenstand ist die Identifikation von Strukturmerkmalen (z.B. Brückenelemente, Iterationsschleifen etc.) in einzelnen Subsystemen oder Systemen. Hierzu werden zunächst relevante Intra-Domain Netzwerke (DSM-Matrizen) aus der übergeordneten Multiple-Domain Matrix (MDM) ausgewählt. Im Anschluss werden matrixbasierte Verfahren oder Methoden der Graphentheorie angewandt, um auf Basis der enthaltenen direkten und indirekten Abhängigkeiten Strukturmerkmale zu ermitteln. In Abhängigkeit des Analysegegenstands (Subsysteme, Systeme) werden verschiedene Analyse Kriterien zur Verfügung gestellt (z.B. Aktivsumme, Cluster etc.), die jeweils unterschiedliche Aussagen über Systemstrukturen ermöglichen. Sollen beispielsweise Module identifiziert werden, empfiehlt sich die Ermittlung von Clustern [LMB09, S. 119ff.], [Mau07, S. 118ff.].

**Übertragung auf die Produktentwicklung:** Auf Basis der Analyseergebnisse erfolgt eine Verbesserung des initialen Problems. Hierzu wird zunächst ein Strukturhandbuch (*Structure Manual*) erstellt, das die Ergebnisse prägnant zusammenfasst. Im Anschluss werden Optimierungspotentiale abgeleitet und Maßnahmen verabschiedet, um eine Verbesserung des Produktdesigns bzw. des Produktentwicklungsprozesses herbeizuführen [LMB09, S. 143ff.], [Mau07, S. 135ff.].

**Bewertung:**

LINDEMANN ET AL. liefern ein umfassendes Vorgehen zum Komplexitätsmanagement in der Produktentwicklung. Ziel ist die Optimierung technischer Systeme durch eine systematische Analyse der Systemabhängigkeiten. Es werden verschiedene, matrixbasierte Methoden und Werkzeuge bereitgestellt, die sich universell einsetzen lassen. In Hinblick auf die zu entwickelnde Systematik erscheint es Erfolg versprechend, den Ansatz aufzugreifen, um die durch die Digitalisierung erzeugten Produktvarianten einzuschränken. So könnten beispielsweise die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Digitalisierungsoptionen ermittelt werden, um auf dieser Basis Digitalisierungspakete zu definieren.

**3.4.3.3 Spezifikationstechnik für Wertschöpfungssysteme nach SCHNEIDER**

Die Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen nach SCHNEIDER umfasst eine Modellierungssprache, ein Vorgehensmodell und eine Werkzeugunterstützung. Im Folgenden wird der Untersuchungsfokus auf die Modellierungssprache gelegt. Die Modellierungssprache umfasst gemäß Bild 3-35 sieben Aspekte, die ein kohärentes System von Partialmodellen bilden. Die Aspekte gliedern sich in drei Ebenen: Die *strategische Ebene* stellt die prinzipielle Geschäftslogik eines Unternehmens dar (*Was wird umgesetzt?*). Die *taktische Ebene* beschreibt die zur Leistungserstellung erforderlichen Kompetenzen (Aufbauorganisation, Aktivitäten, Ressourcen) und Anforderungen (*Womit wird umgesetzt?*). Die *operative Ebene* bringt die konkrete Art und Weise der Leistungserstellung zum Ausdruck (*Wie wird umgesetzt?*) [Sch18, S. 114ff.].

**Geschäftsmodell:** Dieses bildet die unternehmerische Geschäftslogik ab und enthält in vereinfachter Form alle Informationen zur Leistungserstellung und zum Vertrieb von Marktleistungen. Das Geschäftsmodell wird in einem Business Model Canvas dargestellt (vgl. Abschnitt 2.1.3) [Sch18, S. 128f.].

**Anforderungen:** Hier werden Anforderungen an das zu konzipierende Wertschöpfungssystem definiert und in einer Anforderungsliste dokumentiert. Die Anforderungsliste dient einerseits dazu, interne Fragen zur Leistungserstellung zu klären. Andererseits beschreibt sie das Verhältnis zu allen an der Leistungserstellung beteiligten Akteure [Sch18, S. 130f.].

**Aktivitäten:** In diesem Aspekt werden alle für die Umsetzung und den Betrieb erforderlichen Wertschöpfungsprozesse erfasst. Für jeden Funktionsbereich des Unternehmens wird eine eigene Aktivitätensicht erzeugt. Zudem werden die Aktivitäten hierarchisch gegliedert [Sch18, S. 131f.].

**Ressourcen:** Dieser Aspekt bildet die für die Umsetzung und den Betrieb des Wertschöpfungssystems erforderlichen Ressourcen ab. Dazu zählen die benötigten Sachmittel sowie das Personal. Die Ressourcen werden in Form einer hierarchischen Baumstruktur dargestellt [Sch18, S. 133f.].

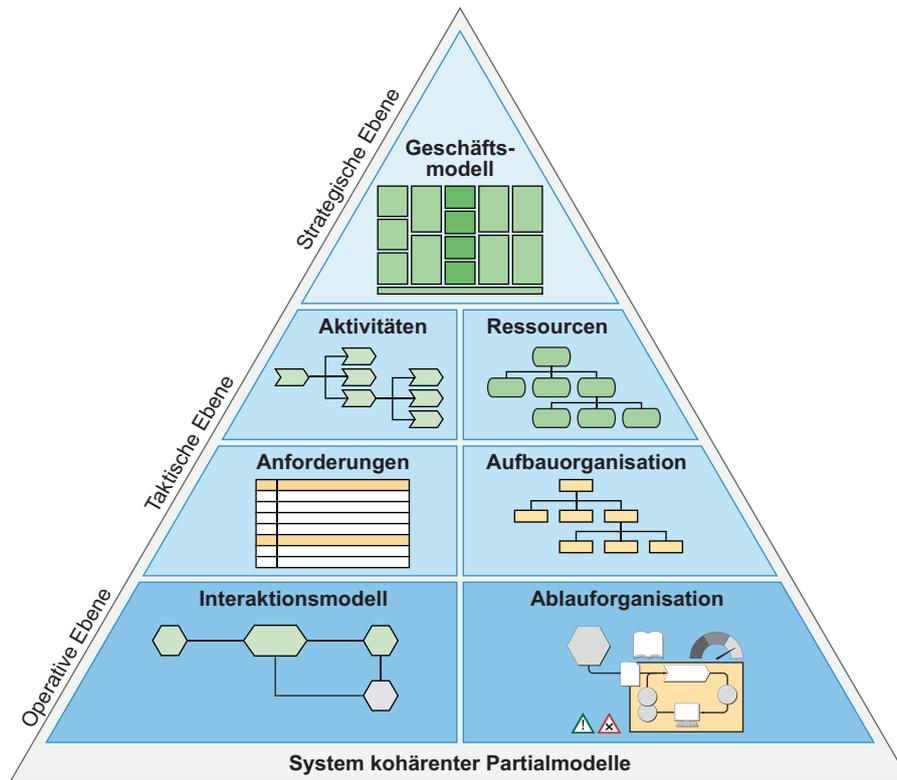


Bild 3-35: Aspekte zur Beschreibung von Wertschöpfungssystemen [Sch18, S. 114]

**Aufbauorganisation:** Während den Aspekten Aktivitäten und Ressourcen eine Prozessorientierung zu Grunde liegt, folgt der Aspekt Aufbauorganisation dem Grundgedanken der Funktionsorientierung. Die Aufbauorganisation wird entlang der Funktionsbereiche des Unternehmens beschrieben und dient zur Definition von Rollen sowie deren Verankerung in den entsprechenden Bereichen [Sch18, S. 134f.].

**Interaktionsmodell:** Hier werden alle Akteure des Wertschöpfungssystems in Beziehung zueinander gesetzt und die übergeordneten, unternehmensübergreifenden Zusammenhänge abgebildet. Die Beziehungen zwischen den Akteuren werden durch Marktleistungs-, Informations- oder Geldflüsse spezifiziert [Sch18, S. 135f.].

**Ablauforganisation:** In diesem Aspekt werden die im Interaktionsmodell als Black Box dargestellten Wertschöpfungseinheiten konkretisiert. Die Ablauforganisation resultiert aus der Abbildung der Aktivitäten auf die Aufbauorganisation unter Einbeziehung der Ressourcen [Sch18, S. 136f.].

### **Bewertung:**

Die Spezifikationstechnik nach SCHNEIDER ermöglicht es, die Geschäftstätigkeit eines Unternehmens aus verschiedenen Sichten und auf verschiedenen Detailebenen abzubilden. Im Kontext der angestrebten Systematik lässt sich die Modellierungssprache dafür nutzen, Ideen für digitale Geschäftsmodelle zu spezifizieren. Insbesondere der Aspekt Interaktionsmodell erscheint geeignet, um die Logik neuer Geschäftsmodelle wie Plattformgeschäftsmodelle oder Ökosystem-Geschäftsmodelle zu modellieren (vgl. Abschnitt 2.3.2).

### 3.5 Handlungsbedarf

Ein Vergleich der untersuchten Ansätze mit den in Abschnitt 2.7 gestellten Anforderungen an eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen führt zu der in Bild 3-36 dargestellten Bewertung. Es zeigt sich, dass kein Ansatz die Anforderungen in vollem Umfang erfüllt. Nachfolgend wird der verbleibende Handlungsbedarf herausgestellt.

**A1) Systematische Erschließung der Innovationspotentiale der Digitalisierung:** Keiner der untersuchten Ansätze adressiert das breite Spektrum der Innovationspotentiale der Digitalisierung. Es werden stets nur Teilaspekte betrachtet. IWANEK, DUMITRESCU und METZLER fokussieren beispielsweise digitale Produktfunktionen zur Steigerung der Intelligenz technischer Systeme. WESTERMANN konzentriert sich auf die Planung Cyberphysische Systeme. Die Ansätze nach HARLAND ET AL. und RABE zielen auf digitale Dienstleistungen ab. SCHALLMO und RUSNJAK sowie in Teilen auch GASSMANN ET AL. spezialisieren sich auf digitale Geschäftsmodelle. Lediglich ANDERL ET AL. sensibilisieren gleichermaßen für digitale Produkt-, Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen, liefern aber unzureichende methodische Unterstützung zu deren Entwicklung. Es besteht folglich Handlungsbedarf für einen übergeordneten Ansatz, der es erlaubt, die Innovationspotentiale der Digitalisierung in der Breite zu erkennen und zu erschließen.

**A2) Ganzheitliche und evolutionäre Digitalisierung des Produktprogramms:** Diese Anforderung wird von keinem der untersuchten Ansätze vollumfänglich erfüllt. In Bezug auf die geforderte Ganzheitlichkeit ist festzustellen, dass die Ansätze aus dem Bereich Digitalisierung lediglich singuläre Entwicklungsobjekte adressieren. Die Ansätze aus dem Bereich Programmplanung erlauben hingegen eine differenzierte Betrachtung von Produktgruppen, besitzen jedoch keinen Bezug zur Digitalisierung. In Hinblick auf die evolutionäre Weiterentwicklung lässt sich resümieren, dass die Ansätze nach IWANEK, ANDERL ET AL. und WESTERMANN prinzipiell geeignet sind, um eine schrittweise Digitalisierung zu realisieren. Anhand der jeweiligen Reifegradmodelle lassen sich entsprechende Leistungsstufen für die zukünftig geplanten Produktgenerationen definieren. Allerdings sind die Reifegradmodelle aus einer technischen Sicht formuliert und für eine nutzenorientierte Planung von Digitalisierungsoptionen ungeeignet. Die Ansätze aus dem Bereich Programmevolution adressieren ebenfalls eine schrittweise Weiterentwicklung in Form aufeinander folgender Generationen. Eine evolutionäre Ausrichtung des Produktprogramms wird zudem durch den Ansatz nach REYMANN unterstützt. Insgesamt ergibt sich Handlungsbedarf in Hinblick auf eine durchgängige methodische Unterstützung, die eine integrierte Planung von Produktgruppen und Produktgenerationen ermöglicht. Dazu sind geeignete Aspekte der Ansätze für eine Übernahme in die angestrebte Systematik zu prüfen und ggf. weiterzuentwickeln.

**A3) Konsequente Fokussierung auf den Kundennutzen:** Diese Anforderung wird von einer Vielzahl an Ansätzen unterstützt. In Hinblick auf die Digitalisierung sehen insbesondere IWANEK, METZLER, RABE sowie SCHALLMO und RUSNJAK methodische Elemente vor, um eine Orientierung des Marktleistungsangebots an den Kundenbedürfnissen sicherzustellen. Auch LEHNER bezieht eine umfassende Analyse von Kundenbedürfnissen

in die Planung frugaler Produkte und Geschäftsmodelle ein. Allgemeine Ansätze aus dem Bereich Ideenfindung, die diese Anforderung voll erfüllen, sind das Design Thinking und das Value Proposition Design. Insbesondere das Value Proposition Design stellt den Kunden mit seinen Aufgaben, Problemen und Gewinnen in den Mittelpunkt der Betrachtung. Dieser Ansatz soll daher in die angestrebte Systematik integriert werden.

**A4) Berücksichtigung digitaler Dienstleistungen und Geschäftsmodelle:** Im Zuge der Digitalisierung des Produktprogramms sind zusätzlich digitale Dienstleistungen und Geschäftsmodelle zu berücksichtigen. Der Dreiklang aus Produkten, Services und Geschäftsmodellen wird von ANDERL ET AL., HARLAND ET AL., RABE und PEITZ adressiert. Dabei fokussieren lediglich ANDERL ET AL. in einem sehr generischen Vorgehen das Produkt als zentrales Entwicklungsobjekt. Der Schwerpunkt von RABE und HARLAND ET AL. liegt auf digitalen Dienstleistungen. PEITZ rückt das Geschäftsmodell in den Vordergrund, stellt allerdings keinen expliziten methodischen Bezug zur Digitalisierung her. Es besteht somit Handlungsbedarf für eine integrierte, vom Produkt ausgehende Planung digitaler Dienstleistungen und Geschäftsmodelle. Mit Blick auf die übrigen Anforderungen können zudem die Ansätze nach OSTERWALDER ET AL. und SCHNEIDER einen Beitrag leisten, da sie sich grundsätzlich zur Ideenfindung und Konzipierung von digitalen Services und Geschäftsmodellen eignen.

**A5) Bestimmung des gegenwärtigen Digitalisierungsgrads:** Die Bestimmung des Digitalisierungsgrads wird explizit nur von SCHALLMO und RUSNJAK thematisiert. Allerdings bezieht sich der Digitalisierungsgrad hier auf die Akteure und Wertschöpfungsstufen des Geschäftsmodells, sodass das Vorgehen im Rahmen der angestrebten Systematik nicht anwendbar ist. Grundsätzlich ließe sich der Digitalisierungsgrad auch über die Reifegradmodelle nach IWANEK, ANDERL ET AL. und WESTERMANN bestimmen, wenngleich dies in den Ansätzen nicht direkt vorgesehen ist. Der Einsatz eines Reifegradmodells ist allerdings aus dem oben genannten Grund auszuschließen. Es resultiert folglich Handlungsbedarf für ein Vorgehen zur Bestimmung des Digitalisierungsgrads, das sich am Vergleichskollektiv des eigenen Marktes orientiert.

**A6) Vorausdenken der digitalen Zukunft und Ableitung einer Digitalisierungsstoßrichtung:** Keiner der untersuchten Ansätze aus dem Bereich Digitalisierung unterstützt das Vorausdenken der digitalen Zukunft. Auch eine Digitalisierungsstoßrichtung zur strategischen Ausrichtung der betrachteten Entwicklungsobjekte wird nicht berücksichtigt. Die Ansätze aus dem Bereich Programmplanung erfüllen die Anforderung teilweise. JONAS sieht beispielsweise eine Zukunftsbetrachtung in Form alternativer Programmszenarien vor. KUNZ ermittelt Trends und leitet daraus Chancen und Gefahren für das Produktprogramm ab. FRIEDRICH ermittelt langfristig attraktive Zielmärkte. Die Ansätze aus dem Bereich Vorausschau erfüllen die Anforderung voll. Die Szenario-Technik nach GAUSEMEIER ermöglicht eine methodisch unterstützte Entwicklung und Analyse alternativer Zukunftsszenarien. Der Ansatz nach REYMANN erlaubt es zudem, Migrationsschritte, die in das Szenario führen, über eine Szenario-Roadmap darzustellen. Auf diese Weise kann eine evolutionäre Ausrichtung des Produktprogramms vorgenommen werden. Die Ansätze nach GAUSEMEIER und REYMANN sollen daher in der angestrebten Systematik aufgegriffen werden.

<b>Bewertung</b> der untersuchten Ansätze hinsichtlich der gestellten Anforderungen. <b>Fragestellung:</b> Wie gut erfüllen die untersuchten Ansätze (Zeile) die gestellten Anforderungen an eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen (Spalte)?  <b>Bewertungsskala:</b> ○ = nicht erfüllt ◐ = teilweise erfüllt ● = voll erfüllt		Anforderungen (A)									
		Programmplanung im Kontext Digitalisierung				Programmausrichtung		Optionsermittlung		Programmgestaltung	
		Systematische Erschließung der Innovationspotentiale der Digitalisierung	Ganzheitliche und evolutionäre Digitalisierung des Produktprogramms	Konsequente Fokussierung auf den Kundennutzen	Berücksichtigung digitaler Dienstleistungen und Geschäftsmodelle	Bestimmung des gegenwärtigen Digitalisierungsgrads	Vorausdenken der digitalen Zukunft und Ableitung einer Digitalisierungsstoßrichtung	Induktive Identifikation und nutzungsfreundliche Bereitstellung von Innovationsprinzipien	Systematische Anwendung der Innovationsprinzipien zur Optionsermittlung	Spezifikation und Zuordnung von Digitalisierungsoptionen	Einschränkung der durch die Digitalisierung erzeugten Produktvarianten
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Digitalisierung	Produktwelt	Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme nach IWANEK	◐	◐	●	○	◐	○	○	◐	○
		Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme nach DUMITRESCU	◐	○	○	○	○	○	◐	◐	○
		Integration kognitiver Funktionen in Produktkonzepte nach METZLER	◐	○	●	○	○	○	○	◐	○
		Leitfaden Industrie 4.0 nach ANDERL ET AL.	◐	◐	○	●	◐	○	○	○	○
	Reifegradmodell-basierte Planung von Cyber-physical Systems nach WESTERMANN	◐	◐	◐	◐	◐	○	○	◐	○	
Geschäftswelt	Service-Innovation-Zyklus zur Entwicklung datenbasierter Dienstleistungen nach HARLAND ET AL.	◐	◐	◐	●	○	○	○	○	◐	
	Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme nach RABE	◐	○	●	●	○	○	◐	◐	○	
	Digitale Transformation von Geschäftsmodellen nach SCHALLMO und RUSNJAK	◐	○	●	◐	◐	○	◐	○	○	
Programmplanung und -evolution	Planung	Strategische Planung modularer Produktprogramme nach JONAS	○	◐	○	○	○	◐	○	◐	●
		Strategische Planung variantenreicher Produkte nach KUNZ	○	◐	◐	○	○	◐	○	○	◐
		Strategische Produktprogrammplanung nach FRIEDRICH	○	◐	◐	◐	○	◐	○	○	◐
	Evolution	Produktgenerationsentwicklung (PGE) nach ALBERS	○	◐	○	○	○	○	○	○	○
		Release-Planung intelligenter technischer Systeme nach KÜHN	○	◐	○	○	○	○	○	●	○
Entwicklung produktlebenszyklusorientierter Geschäftsmodell-Roadmaps nach PEITZ	○	◐	○	●	○	○	○	○	◐	○	
Nutzung von Lösungsmustern	Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ) nach ALTSCHULLER	○	○	○	○	○	○	◐	◐	○	
	St. Galler Business Model Navigator nach GASSMANN ET AL.	◐	○	◐	○	○	○	◐	◐	○	
	Musterbasierte Entwicklung von Frugal Innovations nach LEHNER	○	○	●	◐	○	○	◐	◐	○	
	Musterbasierter Entwurf mechatronischer Systeme nach ANACKER	○	○	○	○	○	○	◐	◐	○	
Strategische Produktplanung	Voraus-schau	Szenario-Technik nach GAUSEMEIER	○	○	○	○	○	●	○	○	
		Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Szenarien nach REYMANN	○	◐	○	○	○	●	○	○	
	Ideenfindung	Design Thinking	○	○	●	◐	○	○	◐	○	
		Value Proposition Design nach OSTERWALDER ET AL.	○	○	●	●	○	○	◐	○	
		Spezifikationstechnik CONSENS für Marktleistungen nach GAUSEMEIER	○	○	○	◐	○	○	○	◐	
Konzipierung	Strukturelles Komplexitätsmanagement nach LINDEMANN ET AL.	○	○	○	○	○	○	○	○		
	Spezifikationstechnik für Wertschöpfungs-systeme nach SCHNEIDER	○	○	○	●	○	○	○	◐		

Bild 3-36: Bewertung des untersuchten Stands der Technik anhand der Anforderungen

**A7) Induktive Identifikation und nutzungsfreundliche Bereitstellung von Innovationsprinzipien:** Die induktive Identifikation von Innovationsprinzipien wird insbesondere durch die Ansätze nach LEHNER und ALTSCHULLER unterstützt, wenngleich kein direkter Bezug zur Digitalisierung besteht. Grundlage bildet hier eine Analyse und Abstraktion real existierender Produkte bzw. Patente. Auch ANACKER liefert ein Vorgehen zur Musteridentifikation. Dieses adressiert allerdings die technische Sichtweise der Digitalisierung und ist für die Systematik ungeeignet. Eine nutzungsfreundliche Bereitstellung von Innovationsprinzipien wird vornehmlich durch die Ansätze nach DUMITRESCU, LEHNER und GASSMANN ET AL. adressiert. DUMITRESCU und LEHNER bieten eine rechnerintegrierte Werkzeugunterstützung in Form einer Datenbank. GASSMANN ET AL. stellen ein Kartenset für Workshops bereit. Im Rahmen der Systematik sollen bewährte Elemente für die Identifikation und Bereitstellung von Innovationsprinzipien geprüft und auf den Kontext Digitalisierung übertragen werden.

**A8) Systematische Anwendung der Innovationsprinzipien zur Optionsermittlung:** Im Allgemeinen werden Lösungsmuster von DUMITRESCU und im weiteren Sinne auch von RABE sowie SCHALLMO und RUSNJAK eingesetzt, um Marktleistungen und Geschäftsmodelle zu digitalisieren. Insbesondere RABE berücksichtigt dabei auch Kundenprobleme und -gewinne, um nutzenstiftende Optionen abzuleiten. Im Kontext Frugal Innovations zeigt LEHNER ein Vorgehen zur systematischen Musteranwendung, das die Bedürfnisse der Kunden einbezieht. Auch das Design Thinking und das Value Proposition Design können in diesem Zusammenhang einen Beitrag leisten. Im Rahmen der Geschäftsmodellentwicklung stellen GASSMANN ET AL. mit dem Ähnlichkeits- und Konfrontationsprinzip zwei gleichermaßen wirkungsvolle wie pragmatische Anwendungsmöglichkeiten von Lösungsmustern bereit. Dieser Ansatz soll in der zu entwickelnden Systematik aufgegriffen werden. Die übrigen Ansätze sind auf Übertragbarkeit bzw. Integration zu prüfen.

**A9) Spezifikation und Zuordnung von Digitalisierungsoptionen:** Diese Anforderung wird lediglich von KÜHN voll erfüllt. Features zur Weiterentwicklung des Produkts werden hier technisch spezifiziert und den zukünftigen Produktgenerationen bzw. Releases anhand verschiedener Rahmenbedingungen und Kriterien zugeordnet. Diese Logik soll auf die Zuordnung von Digitalisierungsoptionen zu Produktgenerationen übertragen werden. Die Spezifikation von Digitalisierungsoptionen wird in Abhängigkeit des Entwicklungsobjekts von vielen Ansätzen unterstützt. Im Allgemeinen eignen sich insbesondere die Spezifikationstechniken nach GAUSEMEIER und SCHNEIDER, um Marktleistungen und Geschäftsmodelle zu spezifizieren. Sie sollen daher im Rahmen der Systematik zum Einsatz kommen.

**A10) Einschränkung der durch die Digitalisierung erzeugten Produktvarianten:** Eine Einschränkung der Produktvarianz wird von den Ansätzen der Produktprogrammplanung berücksichtigt, wobei JONAS ein konkretes Vorgehen zur Integration von Produktvarianten aufzeigt. HARLAND ET AL. sensibilisieren im Kontext Dienstleistungsentwicklung für das Thema, liefern jedoch keine methodische Unterstützung. Einen allgemeingültigen Ansatz zum Komplexitätsmanagement zeigen LINDEMANN ET AL. Dieser soll im Rahmen der Systematik aufgegriffen und kontextspezifisch ausgeprägt werden. Auch die Spezifikationstechnik CONSENS nach GAUSEMEIER kann hier einen Beitrag leisten.



## 4 Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen

„Wir können den Wind nicht ändern, aber die Segel anders setzen.“ – ARISTOTELES

Dieses Kapitel bildet den Kern der vorliegenden Arbeit. Es beschreibt eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen. Diese soll den in der Problemanalyse ermittelten Anforderungen (vgl. Abschnitt 2.7) sowie dem im Stand der Technik identifizierten Handlungsbedarf (vgl. Abschnitt 3.5) gerecht werden. Abschnitt 4.1 gibt zunächst einen Überblick über die Systematik und ihre wesentlichen Bestandteile. Die Basis für die Systematik bilden drei Gestaltungsdimensionen bzw. strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen. Diese werden in Abschnitt 4.2 erläutert. Gegenstand von Abschnitt 4.3 ist ein Katalog mit sog. Innovationsprinzipien der Digitalisierung, die im Sinne von Lösungsmustern bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten aufzeigen. Zur effizienten und nutzungsfreundlichen Anwendung der Innovationsprinzipien wird in Abschnitt 4.4 eine Werkzeugunterstützung präsentiert. In Abschnitt 4.5 wird ein Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen vorgestellt. Das Vorgehensmodell bildet den Hauptbestandteil der Systematik und integriert die zuvor genannten Elemente. Zum besseren Verständnis und zur Validierung des Vorgehens wird dieses anhand eines Projektes mit einem Hersteller von Haushaltsgeräten beschrieben. Abschnitt 4.6 enthält eine abschließende Bewertung der Systematik anhand der aufgestellten Anforderungen.

### 4.1 Aufbau der Systematik

Die Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen besteht aus vier elementaren Bestandteilen (Bild 4-1):

- Grundlage der Systematik bilden die drei **Gestaltungsdimensionen** Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell, aus denen sich drei übergeordnete **strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen** ergeben. Die Stoßrichtungen zeigen den grundsätzlichen Gestaltungsspielraum bei der Weiterentwicklung des Produktprogramms auf und erlauben es, Freiheitsgrade zu definieren.
- Der **Katalog mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung** zeigt bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten auf. Er ist nach den Gestaltungsdimensionen bzw. strategischen Stoßrichtungen der Digitalisierung gegliedert, wodurch es möglich ist, Optionen gemäß der definierten Freiheitsgrade zu ermitteln.
- Die **Werkzeugunterstützung zur Anwendung der Innovationsprinzipien** liefert ein Kartenset und eine App für die Innovationsprinzipien. Auf diese Weise wird ein effizienter und nutzungsfreundlicher Einsatz des Katalogs gewährleistet.
- Das **Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen** beschreibt die durchzuführenden Tätigkeiten, um die digitale Transformation des Produktprogramms zu planen. Es steuert den Einsatz der übrigen Bestandteile und dient als Leitfaden für Unternehmen der industriellen Produktion.

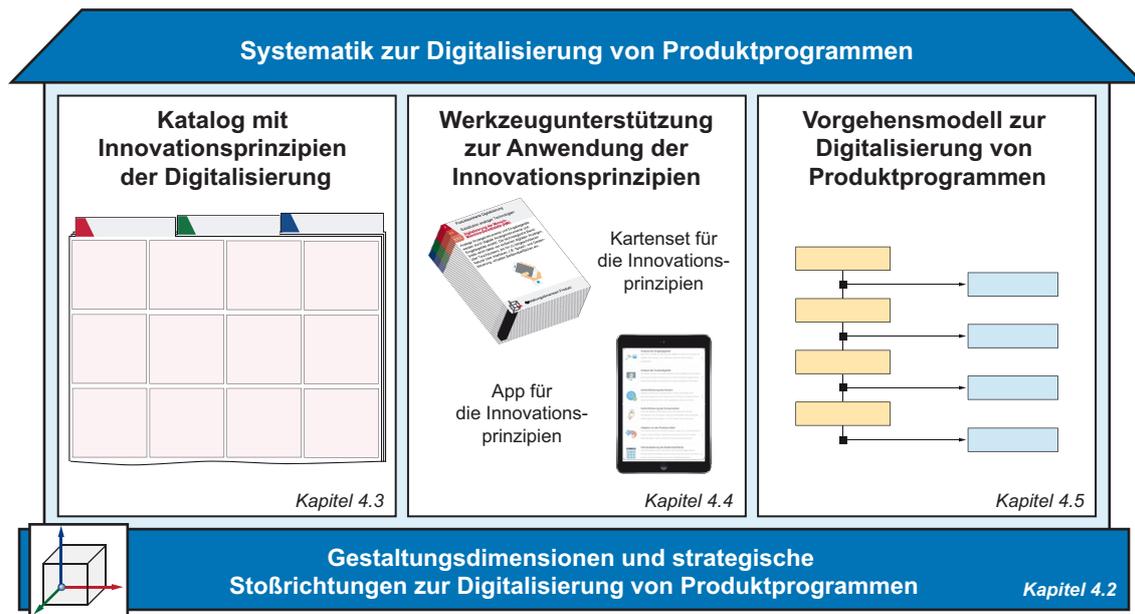


Bild 4-1: Aufbau der Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen

Das Fundament der Systematik bilden die drei Gestaltungsdimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell – aus ihnen resultieren drei übergeordnete strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen: Unternehmen können die Produkte ihres Produktprogramms digitalisieren, indem sie sie mit digitalen Features ausstatten (*Produktzentrierte Digitalisierung*), um digitale Services ergänzen (*Dienstleistungsfokussierte Digitalisierung*) oder mit völlig neuen digitalen Geschäftsmodellen vertreiben (*Geschäftsmodellfokussierte Digitalisierung*). Aufbauend darauf stellt der Katalog Innovationsprinzipien bereit, die im Sinne von Lösungsmustern konkrete Digitalisierungsoptionen in allen drei Dimensionen bzw. für alle drei Stoßrichtungen aufzeigen. Dies ermöglicht es Unternehmen, das breite Spektrum der Innovationspotentiale der Digitalisierung zu erkennen und in einem für sie geeigneten Umfang zu erschließen. Um die Prinzipien zielgerichtet anwenden zu können, liefert die Systematik zusätzlich eine Werkzeugunterstützung in Form eines Kartensets und einer App für Endgeräte wie Smartphones, Tablets oder Laptops. Kernelement der Systematik ist das Vorgehensmodell. Es definiert die durchzuführenden Tätigkeiten, deren Ergebnisse sowie die notwendigen Methoden und Hilfsmittel, um die Digitalisierung des Produktprogramms zu planen. Startpunkt des Vorgehens bildet eine fundierte Programmanalyse, in der ermittelt wird, wie fortschrittlich das Produktprogramm eines Unternehmens im Bereich Digitalisierung ist. Auf Basis der gegenwärtigen digitalen Position und einer Zukunftsbetrachtung wird eine strategische Ausrichtung des Produktprogramms vorgenommen. Gemäß der Programmausrichtung werden zukünftige Digitalisierungsoptionen unter Zuhilfenahme der Innovationsprinzipien ermittelt, bewertet und ausgewählt. Erfolg versprechende Optionen werden zu Digitalisierungspaketen zusammengefasst und den Produktgruppen des Produktprogramms zugeordnet. Resultat ist eine Digitalisierungs-Roadmap, die die geplante Weiterentwicklung des Produktprogramms im Lichte der Digitalisierung aufzeigt. Da das Vorgehensmodell auf den übrigen Bestandteilen aufbaut bzw. darauf zurückgreift, werden diese im Folgenden zuerst erläutert.

## 4.2 Gestaltungsdimensionen und strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen

Die Digitalisierung eröffnet vielfältige Potentiale, um das Produktprogramm eines Unternehmens zu innovieren. Im Allgemeinen ergeben sich Innovationspotentiale in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell (vgl. Abschnitte 2.1.5 und 2.3) [GDE+19, S. 327]. Entlang dieser Gestaltungsdimensionen werden im Rahmen der Systematik drei übergeordnete strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen unterschieden (Bild 4-2).

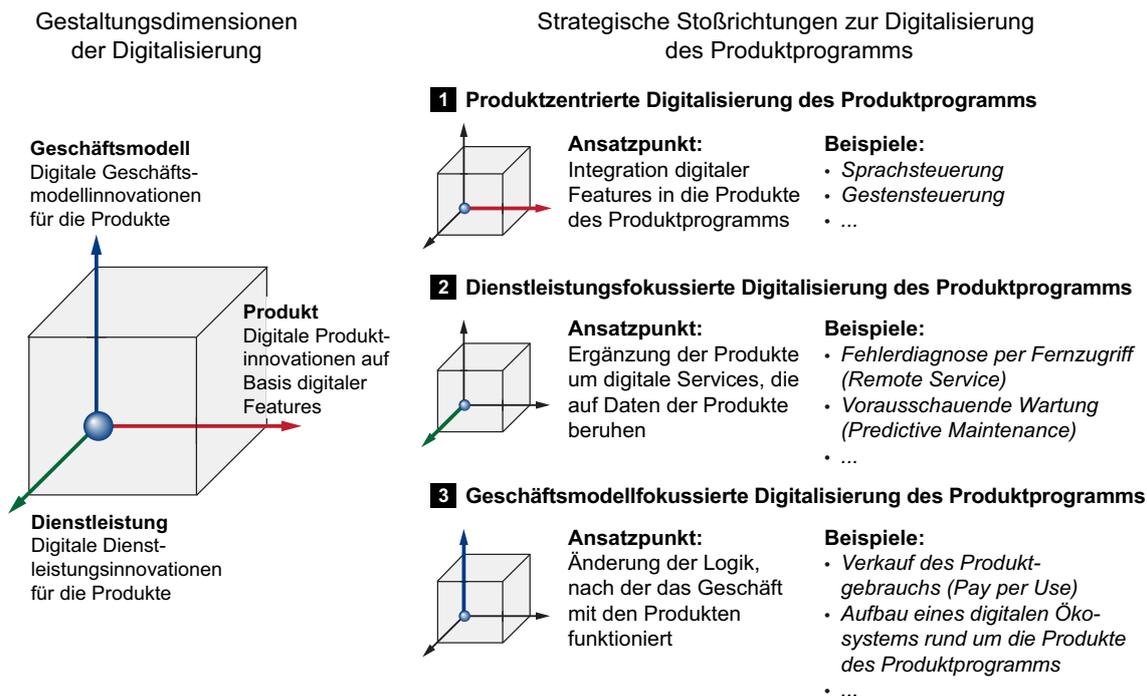


Bild 4-2: Gestaltungsdimensionen der Digitalisierung und strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen

**Produktzentrierte Digitalisierung des Produktprogramms:** Die bestehenden Produkte werden durch die Integration digitaler Features zu smarten Produkten weiterentwickelt, die eine inhärente Intelligenz aufweisen und ihre vormals festen Systemgrenzen durch die Vernetzung mit anderen Produkten flexibel adaptieren können. Unter einem digitalen Feature ist in diesem Zusammenhang eine funktionale Eigenschaft eines Produktes zu verstehen, die für den Kunden einen unmittelbaren Wert darstellt und durch eine oder mehrere digitale Technologien<sup>44</sup> realisiert wird (vgl. Abschnitte 2.1.1, 2.1.5 und 2.4.1). Derartige Produkte weisen mindestens eine der acht in Abschnitt 2.4.2 genannten generischen Eigenschaften auf, d.h. sie sind adaptiv, robust, vorausschauend, benutzungsfreundlich, vernetzt, autonom, erweiterbar und / oder multifunktional. Digitale Features, die beispielsweise die Benutzungsfreundlichkeit eines Produktes erhöhen, sind *Sprach-* oder *Gesteuerung*.

<sup>44</sup> Unter einer digitalen Technologie wird eine Technologie verstanden, die die Erfassung, Speicherung, Verknüpfung, Verarbeitung Darstellung und Übertragung von Daten und Informationen ermöglicht. Es lassen sich digitale Einzel- und digitale Systemtechnologien unterscheiden (vgl. Abschnitte 2.1.5 und 2.4.1).

**Dienstleistungsfokussierte Digitalisierung des Produktprogramms:** Die Produkte des Produktprogramms werden durch digitale Services ergänzt. Ein digitaler Service ist eine Dienstleistung, die durch digitale Technologien realisiert wird und auf Daten der Produkte beruht (vgl. Abschnitte 2.1.1, 2.1.5 und 2.3.2). Die Services bilden mit den Produkten ein integriertes Produkt-Service-System, werden jedoch als eigenständige Marktleistungen angeboten. Die Bandbreite reicht hierbei von vergleichsweise einfacheren digitalen Services wie einer *Fehlerdiagnose per Fernzugriff (Remote Service)* bis hin zu komplexeren Services wie einer *vorausschauenden Wartung auf Basis von Sensordaten (Predictive Maintenance)*. Im zuletzt genannten Beispiel wird ein zusätzlicher Mehrwert durch die intelligente Auswertung produktbezogener Daten generiert (vgl. Abschnitt 2.3.2).

**Geschäftsmodellfokussierte Digitalisierung von Produktprogrammen:** Die Logik, nach der das Geschäft mit den Produkten des Produktprogramms funktioniert, wird gezielt verändert.<sup>45</sup> Im Wesentlichen bedeutet dies, dass die im Kontext der industriellen Produktion dominierende Geschäftslogik des Produktverkaufs abgelöst wird. Beispiele für digitale Geschäftsmodelle sind der *Verkauf des Produktgebrauchs (Pay per Use)* oder der *Aufbau eines digitalen Ökosystems rund um die Produkte des Produktprogramms*. Im letzteren Fall steht das Produkt nicht mehr allein im Mittelpunkt des Geschäfts, sondern ist Teil eines digital integrierten Leistungsprogramms bestehend aus weiteren Produkten und Services (vgl. Abschnitt 2.3.2.3).

Die Stoßrichtungen zeigen den grundsätzlichen strategischen Gestaltungsspielraum bei der Digitalisierung von Produktprogrammen auf<sup>46</sup>. Sie ermöglichen es, das Spektrum der Innovationspotentiale der Digitalisierung in der Breite zu erkennen. Gleichwohl bedeutet dies nicht, dass ein Unternehmen möglichst viele Potentiale in allen Dimensionen erschließen muss. Es gilt zu prüfen, ob und in welchem Umfang eine Digitalisierung in den Dimensionen sinnvoll ist und dementsprechend die Weiterentwicklung des Produktprogramms zu planen. Die übrigen Bestandteile der Systematik bauen auf den Gestaltungsdimensionen auf: Der Katalog mit den Innovationsprinzipien und die zugehörige Werkzeugunterstützung gliedern sich entlang der drei Stoßrichtungen und stellen konkrete Optionen zur Digitalisierung des Produktprogramms in allen drei Dimensionen bereit. Das Vorgehensmodell berücksichtigt alle Dimensionen, erlaubt es jedoch auch, Freiheitsgrade zu definieren und bestimmte Stoßrichtungen zu fokussieren, zeitlich zu priorisieren oder gänzlich auszuschließen.

---

<sup>45</sup> Im Rahmen der Systematik wird ausschließlich die Angebotsperspektive eines Geschäftsmodells betrachtet. Die Wertschöpfungsperspektive, d.h. die Leistungserstellung, steht nicht im Fokus der Arbeit. Gemäß des in Bild 2-3 dargestellten Aufbaus eines Geschäftsmodell stehen dementsprechend Änderungen im Angebots- und Kundenmodell im Vordergrund. Da die Geschäftsmodellkomponente Marktleistung des Angebotsmodells bereits durch die beiden anderen Gestaltungsdimensionen Produkt und Dienstleistung abgedeckt ist, liegt das Hauptaugenmerk auf den verbleibenden Komponenten Kundensegmente, Nutzenversprechen, Marketingkanäle, Kundenbeziehungen und Erlös-konzept (vgl. Abschnitt 2.1.3).

<sup>46</sup> Zwischen den drei Dimensionen bestehen in der Regel Abhängigkeiten. So kann ein digitaler Service Modifikationen am Produkt erfordern und/oder ein neues Geschäftsmodell begründen. Gleichermaßen kann ein digitales Geschäftsmodell Änderungen am Produkt hervorrufen und/oder digitale Services voraussetzen. Im Rahmen des Vorgehensmodells werden diese Abhängigkeiten in der Phase „Programmdefinition“ berücksichtigt (vgl. Abschnitt 4.5.4).

### 4.3 Katalog mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung

Eine zentrale Herausforderung bei der Digitalisierung von Produktprogrammen ist die nahezu unüberschaubare Anzahl an Digitalisierungsoptionen, sodass es Unternehmen häufig an Orientierung und Wissen in dem Themenfeld fehlt. Ein wirkungsvoller Ansatz zur Begegnung dieser Herausforderung sind Innovationsprinzipien, die im Sinne von Lösungsmustern bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten aufzeigen. In der einschlägigen Literatur existiert bislang jedoch noch keine Sammlung an Innovationsprinzipien, die die Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell gleichermaßen berücksichtigt<sup>47</sup>. Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Arbeit Innovationsprinzipien in allen drei Dimensionen abgeleitet und in einem Katalog systematisiert. Die Prinzipien werden im Rahmen des Vorgehensmodells eingesetzt (vgl. Abschnitt 4.5), um systematisch Ideen für zukünftige Digitalisierungsoptionen zu finden.

Zur Erstellung des **Katalogs mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung** wurde ein zyklisches Vorgehen durchlaufen, das sich gemäß Bild 4-3 in vier Schritte gliedert. Im Sinne der Phasen musterbasierten Problemlösens nach KOHLS und SCHEITER adressiert das Vorgehen die generischen Phasen Musteridentifikation und Musterdokumentation (vgl. Abschnitt 2.5.1) – die Musteranwendung erfolgt im Rahmen des Vorgehensmodells. Die einzelnen Schritte werden im Folgenden erläutert.

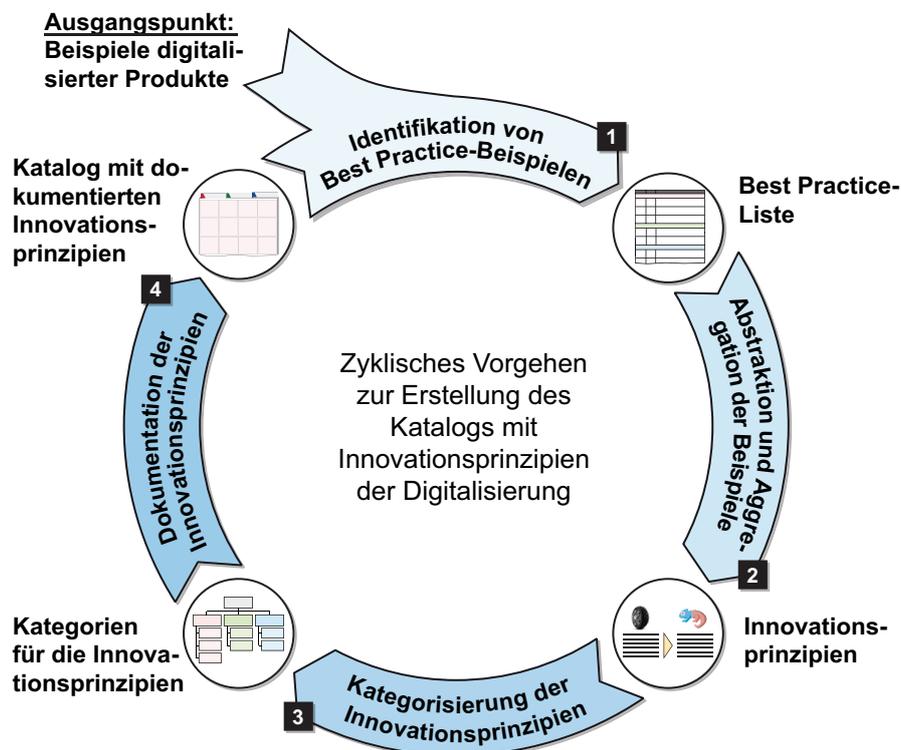


Bild 4-3: Zyklisches Vorgehen zur Erstellung des Katalogs mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung

<sup>47</sup> Wie in Abschnitt 2.5.2 dargelegt, existieren fragmentierte Ansätze in allen drei Dimensionen. Insbesondere in der Dimension Geschäftsmodell gibt es bereits leistungsfähige Mustersammlungen, z.B. nach GAUSEMEIER ET AL. [GWE+17, S. 36] oder GASSMANN ET AL [GFC13, S. 34]. Diese sind in den Katalog eingeflossen.

## 1. Identifikation von Best Practice-Beispielen

Den Ausgangspunkt für die Innovationsprinzipien bilden Beispiele, in denen Unternehmen ihre Produkte erfolgreich digitalisiert haben (vgl. Bild 1-1). Damit wird der Forderung von ALEXANDER Rechnung getragen, dass die Musteridentifikation anhand eines induktiven Schlusses, d.h. durch die „*Beobachtung und Analyse guter Beispiele*“ erfolgen sollte (vgl. Abschnitt 2.5.1). Zur Ermittlung von Beispielen wird eine umfangreiche Recherche in Printmedien und im Internet durchgeführt<sup>48</sup>, wobei die drei strategischen Stoßrichtungen als Suchfelder dienen. Insgesamt wurden ca. 250 Beispiele recherchiert und in einer Best Practice-Liste dokumentiert<sup>49</sup>. Bild 4-4 zeigt einen Ausschnitt der erstellten Liste.

Unternehmen	Produkt	Kurzbeschreibung
 <b>Stoßrichtung „Produktzentrierte Digitalisierung“</b>		
Volkswagen	Autos	Volkswagen hat die Anzeigeinstrumente in vielen seiner PKW-Modelle digitalisiert. Das sog. „Active Info Display“ verfügt beispielsweise über eine digitale Geschwindigkeits- und Drehzahlanzeige. Darüber hinaus werden Informationen rund um das Fahrzeug angezeigt.
Lenovo	Smartphones	Das Lenovo Smartphone „Smart Cast“ lässt sich über eine virtuelle Tastatur bedienen, die mittels eines Laserprojektors auf die Tischoberfläche projiziert wird. Mit Hilfe des Laserprojektors lassen sich darüber hinaus auch Informationen an die Wand projizieren.
John Deere	Traktoren	John Deere hat die Hardwarevarianten seiner Motoren durch Softwarevarianten ersetzt. Das Unternehmen hat einen Standardmotor entwickelt, aus dem softwareseitig unterschiedliche Varianten mit unterschiedlicher Leistung erzeugt werden können.
Hankook	Reifen	Hankook hat einen intelligenten Reifen entwickelt, der in der Lage ist, im Falle von Glatteis und Aquaplaning automatisch zu bremsen. Darüber hinaus kann der Reifen seinen Luftdruck in Abhängigkeit der Straßenbeschaffenheit variieren, um die Traktion und Abrolligenschaften zu verbessern
⋮		
 <b>Stoßrichtung „Dienstleistungsfokussierte Digitalisierung“</b>		
Würth	Befestigungs- und Montagekomponenten	Würth bietet auf Basis sog. CPS®RFID-Systeme einen Service zur automatischen Nachbestellung seiner Befestigungs- und Montagekomponenten an. Dazu wird jeder Behälter mit einem RFID-Tag ausgestattet. Wird ein leerer Behälter zurück in das Regal gestellt, wird dies erkannt und eine Bestellung ausgelöst.
Thyssenkrupp Elevator	Aufzüge	Thyssenkrupp Elevator bietet einen vorausschauenden Wartungsservice für seine Aufzüge an. Auf Basis von Produktdaten werden sich abzeichnende Ausfälle erkannt, bevor sie auftreten. Droht eine Komponente auszufallen, wird automatisch ein Servicetechniker beauftragt, um sie auszutauschen.
⋮		
 <b>Stoßrichtung „Geschäftsmodellfokussierte Digitalisierung“</b>		
Kaeser	Kompressoren	Kaeser betreibt ein Geschäftsmodell für seine Kompressoren, bei dem der Kunde das Gerät nicht kauft, sondern pro verbrauchtem Kubikmeter Druckluft bezahlt. Der für die Vertragslaufzeit gültige Festpreis pro Kubikmeter deckt Anlagen- und Betriebskosten sowie die Abnahme einer Druckluft-Grundmenge ab.
Kuka	Roboter	Kuka bietet ein Betreibermodell an, bei dem das Unternehmen die Produktion der Kundenprodukte mit seinen eigenen Robotern und Anlagen verantwortet. Bezahlt wird Kuka nach der Zahl produzierter Einheiten. Beispielsweise betreibt Kuka die Produktion von ... Produktion ... ... in den US-amerikanischen Toledo

Bild 4-4: Best Practice-Liste (Auszug)

<sup>48</sup> Als wesentliche Suchquellen kamen zum Einsatz: Bestehende Beispielsammlungen in Studien, Fachbüchern und Journalartikeln (z.B. [NZN+16], [PH14], [KRW+16] etc.), Produktbeispiele in Fachzeitschriften mit Fokus Digitalisierung (z.B. DIGITAL AGENDA, Industrie 4.0 Management, MM Maschinen-Markt etc.) sowie Produktneuvorstellungen auf Leitmesse (z.B. CES, IFA, Hannover Messe etc.).

<sup>49</sup> Die Liste wurde in mehreren Durchläufen des Zyklus sukzessive erweitert.

## 2. Abstraktion und Aggregation der Beispiele

Im zweiten Schritt werden die Beispiele zunächst abstrahiert. Die Abstraktion ist nach ALTSCHULLER der wesentliche Schritt bei der Musteridentifikation – sie ermöglicht es vom konkreten Einzelfall auf ein allgemeingültiges Prinzip zu schließen (vgl. Abschnitte 2.1.6 und 3.3.1). Aus der Abstraktion der einzelnen Beispiele resultieren vorerst Kandidaten für Innovationsprinzipien. Da es sich bei einem Innovationsprinzip definitionsgemäß um eine wiederkehrende Lösung handelt (vgl. Abschnitt 2.1.6), wird ein Kandidat in der Folge erst dann zu einem vollwertigen Prinzip, wenn sich mehrere Beispiele finden, die dieses Prinzip untermauern. Hierzu werden Beispiele, die auf dem gleichen Prinzip beruhen, aggregiert. Sofern in der Liste keine gleichartigen Beispiele vorhanden sind, wird beim nächsten Durchlauf des Zyklus nach derartigen Beispielen gesucht (Schritt 1). Können keine weiteren Beispiele gefunden werden, wird der Kandidat verworfen.

Das Vorgehen zur **Abstraktion** ist in Bild 4-5 dargestellt. Das zugrunde liegende Beispiel stammt von dem Reifenhersteller Hankook und ist der Stoßrichtung „*Produktzentrierte Digitalisierung*“ zugeordnet (vgl. Bild 4-4). Das Unternehmen hat einen intelligenten Reifen entwickelt, der in der Lage ist, im Falle von Glatteis und Aquaplaning automatisch zu bremsen. Darüber hinaus kann der Reifen seinen Luftdruck in Abhängigkeit der Straßenbeschaffenheit variieren, um beispielsweise die Traktion und Abrolleigenschaften zu verbessern. Zur Abstraktion des Beispiels wird eine **Fragetechnik** eingesetzt, die im Kern auf vier Leitfragen beruht:

- Welches **Prinzip** liegt der Digitalisierung des Produkts zugrunde?
- Welche **Funktionen** werden durch die Digitalisierung realisiert?
- Welcher **Nutzen** wird durch die Digitalisierung gestiftet?
- Auf welchen **Technologien** basiert die Digitalisierung des Produkts?

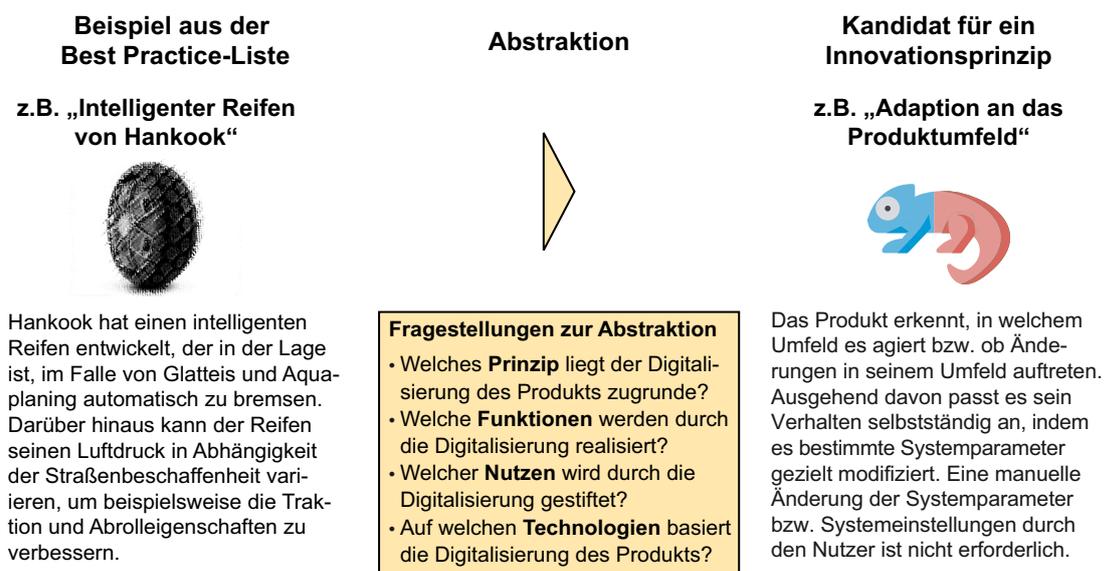


Bild 4-5: Abstraktion von Best Practice-Beispielen

Die Beantwortung der Fragen führt im vorliegenden Fall zu dem Innovationsprinzip-Kandidat „*Adaption an das Produktumfeld*“. Dieser besagt, dass das Produkt erkennt, in welchem Umfeld es agiert bzw. ob Änderungen in seinem Umfeld auftreten. Ausgehend davon passt es sein Verhalten selbstständig an, indem es bestimmte Systemparameter gezielt modifiziert. Eine manuelle Änderung der Systemparameter bzw. Systemeinstellungen durch den Nutzer ist folglich nicht mehr erforderlich.

Ausgehend von dem Kandidaten werden weitere gleichartige Beispiele gesucht. Unter anderem wurden Produkte des Automobilzulieferers HELLA und des Bettenherstellers sleep number identifiziert (Bild 4-6): Die Scheinwerfer des Automobilzulieferers HELLA passen sich automatisch an die Verkehrssituation an. Mittels einer Kamera werden vorausfahrende, entgegenkommende Fahrzeuge erkannt und die Scheinwerfer so gesteuert, dass der Lichtkegel erst unmittelbar vor den anderen Fahrzeugen endet und die Fahrbahn optimal ausgeleuchtet wird. Die Betten des Bettenherstellers sleep number verstellen automatisch das Kopfteil, wenn der Schlafende schnarcht. Darüber hinaus werden die Härte und Stützkraft der Matratze in Abhängigkeit der Liegeposition angepasst. Durch die **Aggregation** der Beispiele wird der anfängliche Kandidat in ein vollwertiges Innovationsprinzip der Digitalisierung überführt. Für die übrigen Beispiele aus der Best Practice-Liste wird analog vorgegangen.



Bild 4-6: Aggregation gleichartiger Beispiele zu einem vollwertigen Innovationsprinzip

### 3. Kategorisierung der Innovationsprinzipien

Im Rahmen des dritten Schrittes erfolgt eine Kategorisierung der Innovationsprinzipien, d.h. thematisch verwandte Prinzipien werden zu übergeordneten Gruppen zusammengefasst. Die Kategorien dienen der Systematisierung des Katalogs und geben dessen Gliederungsstruktur vor. Die oberste Gliederungsebene bilden die drei Gestaltungsdimensionen bzw. strategischen Stoßrichtungen der Digitalisierung. Jede strategische Stoßrichtung wird darüber hinaus in weitere Kategorien untergliedert. Die Kategorien werden in einem iterativen Vorgehen erarbeitet: Zunächst werden die Innovationsprinzipien, die im ersten Durchlauf des Zyklus ermittelt werden, thematisch gruppiert. In der Folge wird bei jedem weiteren Durchlauf überprüft, ob sich die gewählte Kategorisierung als sinnvoll erweist und neu identifizierte Innovationsprinzipien dort eingeordnet werden können bzw. die

definierten Kategorien durch weitere Prinzipien bestätigt werden können. Ist dies nicht der Fall, sind die Kategorien entsprechend zu überarbeiten.

Basierend auf diesem Vorgehen wurde die in Bild 4-7 dargestellte Kategorisierung der Innovationsprinzipien vorgenommen. Eine Kategorie beschreibt dabei das grundsätzliche Ziel, das durch die Digitalisierung verfolgt wird. Mit aufsteigender Kategoriennummer steigt zudem die Umsetzungscomplexität innerhalb einer Dimension.

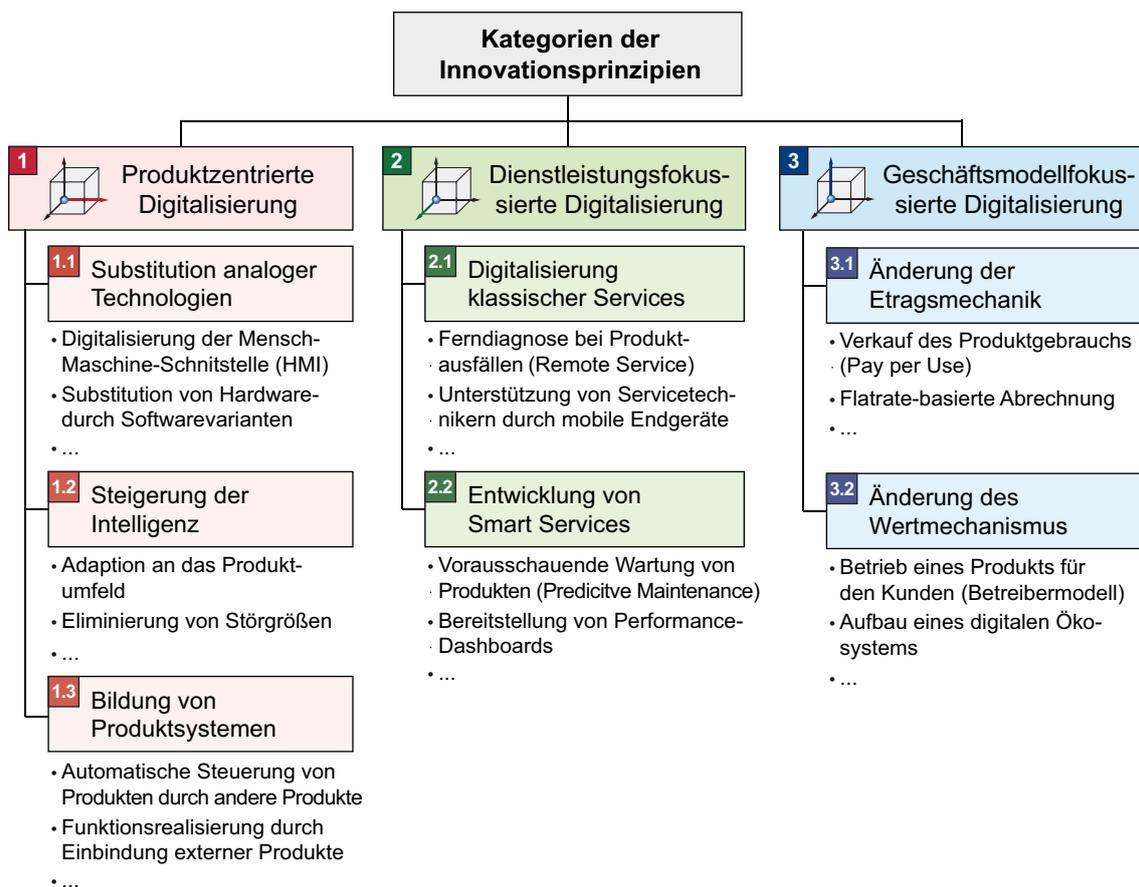


Bild 4-7: Kategorisierung der Innovationsprinzipien

Die Stoßrichtung **Produktzentrierte Digitalisierung** umfasst die Kategorien Substitution analoger Technologien, Steigerung der Intelligenz und Bildung von Produktsystemen:

- **Substitution analoger Technologien:** Analoge Technologien, die gewisse Eigenschaften eines Produkts bzw. einer Produktgruppe realisieren, werden durch digitale Technologien ersetzt [AF18, S. 7], [EG18c, S. 61f.]. Zu dieser Kategorie gehören beispielsweise die Innovationsprinzipien „*Digitalisierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI)*“ oder „*Substitution von Hardware- durch Softwarevarianten*“.
- **Steigerung der Intelligenz:** Die Produkte werden mit digitalen Zusatzeigenschaften ausgestattet, die ihnen Intelligenz verleihen [Iwa17, S. 91ff.], [EG18c, S. 62]. Dieser Gruppe wurden u.a. die Innovationsprinzipien „*Adaption an das Produktumfeld*“ und „*Eliminierung von Störgrößen*“ zugeordnet.

- **Bildung von Produktsystemen:** Einzelne Produkte bzw. Produktgruppen des Produktprogramms werden untereinander bzw. mit Drittprodukten vernetzt und können miteinander interagieren. Es werden neue Eigenschaften realisiert, die aus dem Zusammenspiel zweier oder mehrerer Produkte entstehen [PH14, S. 46f.], [EG18c, S. 62]. In diese Kategorie fallen z.B. die Innovationsprinzipien „*Automatische Steuerung von Produkten durch andere Produkte*“ oder „*Funktionsrealisierung durch Einbindung externer Produkte*“.

Die Stoßrichtung **Dienstleistungsfokussierte Digitalisierung** beinhaltet die Kategorien Digitalisierung klassischer Services und Entwicklung von Smart Services:

- **Digitalisierung klassischer Services:** Klassische Services für ein Produkt bzw. eine Produktgruppe wie Wartung, Instandhaltung oder Ersatzteilversorgung werden durch digitale Technologien wie Smart Devices (Tablets, Datenbrillen etc.) unterstützt. Zu dieser Kategorie gehören beispielsweise die Innovationsprinzipien „*Ferndiagnose bei Produktausfällen (Remote Service)*“ oder „*Unterstützung von Servicetechnikern durch mobile Endgeräte*“.
- **Entwicklung von Smart Services:** Es werden digitale Services für ein Produkt bzw. eine Produktgruppe entwickelt, die auf der intelligenten Auswertung produktbezogener Daten beruhen und über digitale Infrastrukturen erbracht werden, sog. Smart Services (vgl. Abschnitt 2.3.2.2). Dieser Kategorie gehören u.a. die Innovationsprinzipien „*Vorausschauende Wartung von Produkten (Predictive Maintenance)*“ oder „*Bereitstellung von Performance-Dashboards*“ an.

Die Stoßrichtung **Geschäftsmodellfokussierte Digitalisierung** ist in die Kategorien Änderung der Ertragsmechanik und Änderung des Wertmechanismus untergliedert:

- **Änderung der Ertragsmechanik:** Die Logik, wie mit einem Produkt Geld verdient wird, wird verändert [Nem11, S. 115], [Ams16, S. 20]. Im Wesentlichen bedeutet dies, dass das in der industriellen Produktion vorherrschende Erlösmodell des Produktverkaufs abgelöst wird. Eine Änderung der Ertragsmechanik erfordert in der Regel Änderungen am Produkt. Wird beispielsweise der Gebrauch eines Produktes verkauft (Pay per Use), ist es erforderlich, die Produktnutzungsdauer in einem bestimmten Zeitraum zu ermitteln. Neben dem gerade genannten Prinzip zählt u.a. das Innovationsprinzip „*Flatrate-basierte Abrechnung*“ zu dieser Kategorie.
- **Änderung des Wertmechanismus:** Das Marktleistungsangebot wird dahingehend verändert, dass das Produkt nicht mehr bzw. nicht mehr ausschließlich im Mittelpunkt des Geschäfts steht. Vielmehr wird ein erweitertes bzw. ergänzendes Wertangebot basierend auf dem Produkt geschaffen [Nem11, S. 115], [Ams16, S. 20]. Beispielhafte Innovationsprinzipien sind „*Betrieb eines Produkts für den Kunden (Betreibermodell)*“ oder „*Aufbau eines digitalen Ökosystems*“ (vgl. Abschnitt 2.3.2.3). Die Änderung des Wertmechanismus geht für gewöhnlich ebenfalls mit Modifikationen am Produkt einher.

#### 4. Dokumentation der Innovationsprinzipien

Im vierten Schritt werden die ermittelten Innovationsprinzipien einheitlich dokumentiert. Für jedes Prinzip wird eine Karte erstellt, wie sie Bild 4-8 exemplarisch für das Innovationsprinzip „Adaption an das Produktumfeld“ zeigt. Die Vorderseite der Karte enthält den Namen des Innovationsprinzips, der zugehörigen Kategorie sowie der zugrunde liegenden Gestaltungsdimension bzw. Stoßrichtung. Darüber hinaus umfasst sie eine prägnante Beschreibung und ein aussagekräftiges Piktogramm für das Prinzip (vgl. Bild 4-5). Auf der Rückseite sind die Beispiele dargestellt, aus denen das Innovationsprinzip abgeleitet wurde. Die Beispiele vermitteln dem Anwender ein Verständnis darüber, wie die Umsetzung des Prinzips in einem Produkt konkret aussehen kann – dies erleichtert die Übertragung auf das eigene Produkt. Aus allen ermittelten Beispielen werden drei besonders eingängige Beispiele ausgewählt. In Summe wurden in mehreren Zyklusdurchläufen **52 Innovationsprinzipien der Digitalisierung** abgeleitet und in der dargestellten Form dokumentiert. Eine Übersicht über die Prinzipien enthält Anhang A2.1.

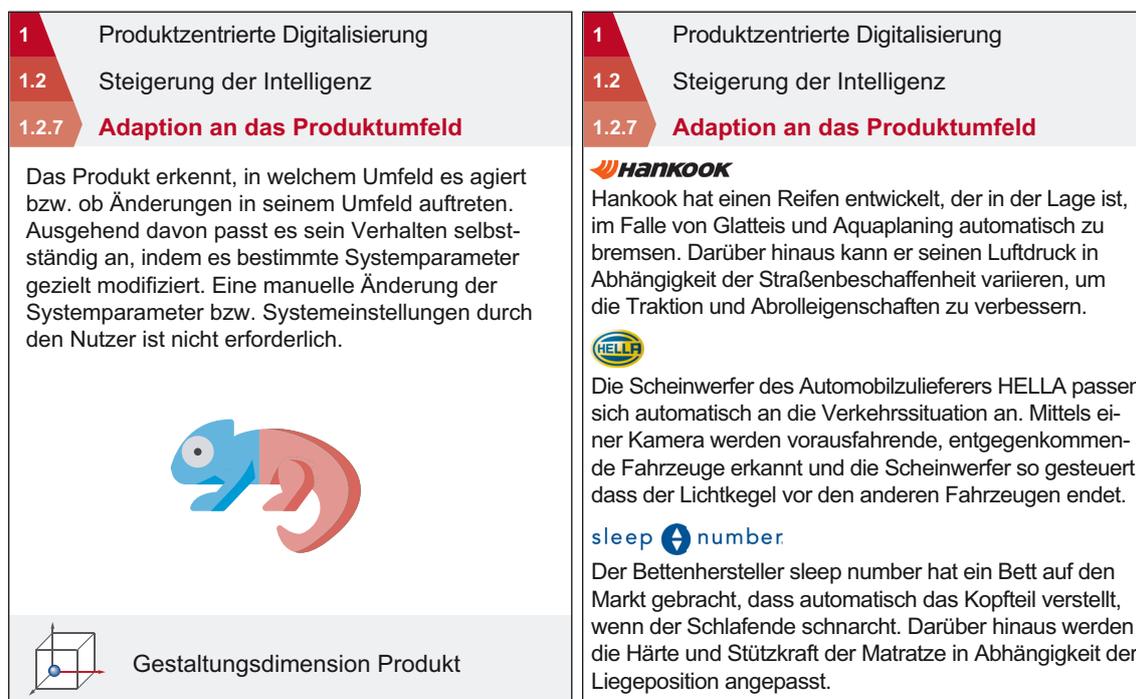


Bild 4-8: Dokumentation der Innovationsprinzipien in Anlehnung an [EG18c, S. 61]

Die Prinzipien werden abschließend in einem **Katalog** organisiert (Bild 4-9). Der Katalog stellt konkrete Möglichkeiten zur Digitalisierung des Produktprogramms bereit und unterstützt Unternehmen dabei, Ideen für zukünftige Digitalisierungsoptionen zu generieren.<sup>50</sup> Dabei ermöglicht er eine selektive Digitalisierung: Ein Unternehmen kann im Vorfeld festlegen, ob es seine Produkte in einer Dimension bzw. Kategorie weiterentwickeln

<sup>50</sup> Der Katalog erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit (vgl. dazu die unterschiedlichen Typen von Mustersammlungen in Abschnitt 2.5.1). Es ist davon auszugehen, dass sich durch die Schnellebigkeit der Digitalisierung neue Innovationsprinzipien herausbilden werden. Es ist daher empfehlenswert, dass in Bild 4-3 dargestellte Vorgehen in regelmäßigen Abständen zu wiederholen und den Katalog zu aktualisieren.

möchte oder nicht. Im Vorgehensmodell besteht hierzu die Möglichkeit, die Weiterentwicklung in einer Dimension bzw. Kategorie bewusst vorzugeben oder auszuschließen. Zudem kann festgelegt werden, zu welchem Zeitpunkt die Weiterentwicklung in einer Kategorie erfolgen soll (vgl. Phase „Programmausrichtung“ in Abschnitt 4.5.2).



Bild 4-9: Katalog mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung (im Vordergrund auszugswise die Stoßrichtung „Produktzentrierte Digitalisierung“)

#### 4.4 Werkzeugunterstützung zur Anwendung der Innovationsprinzipien

Der Katalog mit den Innovationsprinzipien stellt im Rahmen der Systematik das wesentliche Instrument dar, um zukünftige Optionen zur Digitalisierung des Produktprogramms zu identifizieren. Die Prinzipien werden im Rahmen von Ideenfindungs-Workshops eingesetzt und sind in das Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen eingebettet. Zur effizienten und nutzungsfreundlichen Anwendung des Katalogs in den Workshops wird eine Werkzeugunterstützung bereitgestellt. Die Werkzeugunterstützung besteht aus einem Kartenset sowie einer prototypischen App für die Innovationsprinzipien.

Das **Kartenset** enthält alle Innovationsprinzipien der Digitalisierung in physischer Form. Jedes Prinzip ist auf einer eigenen Workshop-Karte abgedruckt. Auf diese Weise wird eine visuelle, haptische und gegenständliche Arbeitsweise in den Workshops ermöglicht, wie es u.a. vom Design Thinking propagiert wird (vgl. Abschnitt 3.4.2.1). Bild 4-10 zeigt einen Ausschnitt von dem erstellten Kartenset. Es orientiert sich im Kern an den Geschäftsmodellmuster-Kartensets von GAUSEMEIER ET AL. [GDE+19, S. 349ff], [GWE+17, S. 36] sowie GASSMANN ET AL. [GFC13, S. 34] (vgl. Abschnitt 3.3.2).



Bild 4-10: Kartenset für die Innovationsprinzipien

Die **App** stellt die Karten zusätzlich in digitaler Form bereit, sodass sie auf verschiedenen Endgeräten wie Tablets, Smartphones oder Laptops genutzt werden können<sup>51</sup>. Bild 4-11 zeigt den Aufbau der App: Im ersten Schritt ist eine Gestaltungsdimension bzw. strategische Stoßrichtung der Digitalisierung auszuwählen. Daraufhin werden die zugehörigen Kategorien der Stoßrichtung angezeigt. Nach Auswahl einer Kategorie gelangt der Nutzer zu einer Auflistung der entsprechenden Innovationsprinzipien. Durch einen Klick auf ein entsprechendes Prinzip werden im letzten Schritt dessen Beschreibung (Vorderseite) sowie die zugrunde liegenden Beispiele (Rückseite) aufgerufen. Mit Hilfe der App wird die

<sup>51</sup> Bei der App handelt es sich um einen Prototypen, der mit der Software Adobe XD erstellt wurde. Im Wesentlichen basiert die App auf grafischen Elementen, denen manuell Verlinkungen zugewiesen wurden. Die App wurde für das mobile Betriebssystem iOS von Apple konzipiert.

Einbindung mehrerer Personen in die Ideenfindungs-Workshops erleichtert. Zudem können die Prinzipien innerhalb eines Unternehmens leichter multipliziert werden, wodurch das erforderliche Digitalisierungswissen besser verteilt werden kann.



Bild 4-11: App für die Innovationsprinzipien

## 4.5 Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen

Das Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen gliedert sich gemäß Bild 4-12 in vier Phasen. Die Phasen werden nachfolgend kurz vorgestellt.

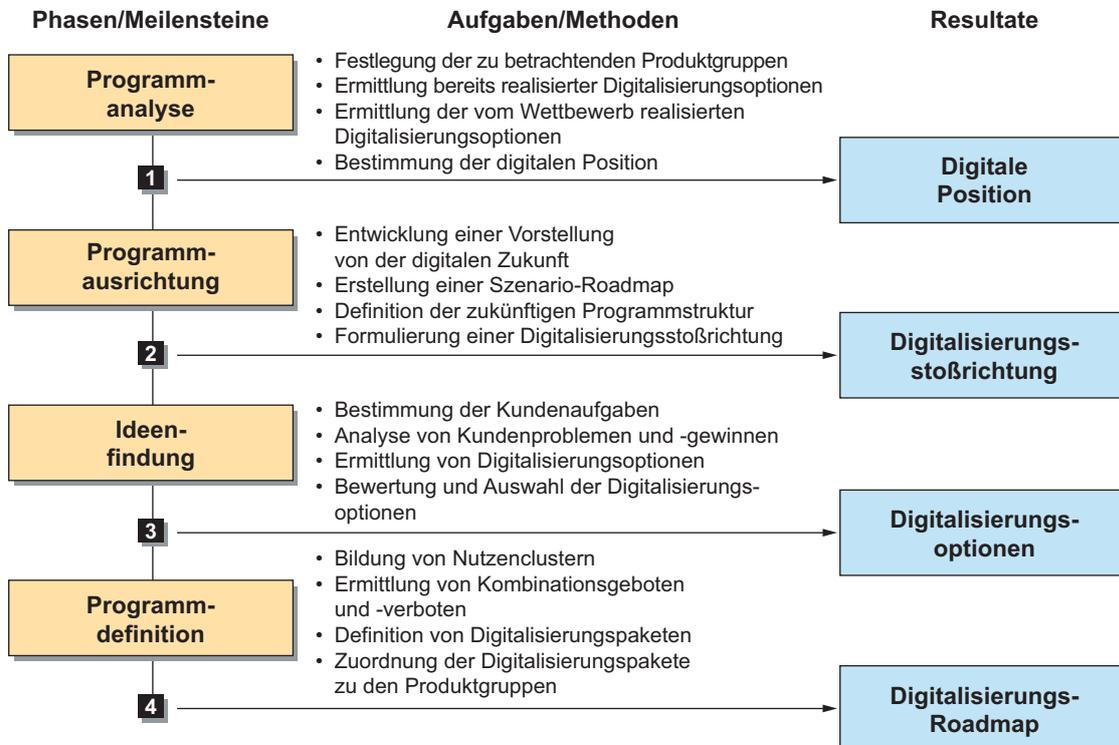


Bild 4-12: Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen

**Programmanalyse:** Ausgangspunkt für das Vorgehen ist ein gegebenes Produktprogramm eines produzierenden Unternehmens, das digitalisiert werden soll. Da ein Produktprogramm in der Regel aus einer Vielzahl an Produkten (Produktvarianten) besteht, werden aus Gründen des Bearbeitungsaufwands eingangs übergeordnete Produktgruppen festgelegt, auf deren Ebene die Weiterentwicklung des Produktprogramms geplant werden soll. Für die festgelegten Produktgruppen wird anschließend ermittelt, welche Digitalisierungsoptionen das eigene Unternehmen in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell bereits realisiert hat. Im Nachgang wird untersucht, welche Digitalisierungsoptionen die Wettbewerber in den Dimensionen umgesetzt haben. Basierend auf den realisierten Digitalisierungsoptionen des eigenen Unternehmens und des Wettbewerbs wird anschließend die digitale Position für jede Produktgruppe sowie das gesamte Produktprogramm bestimmt und in einem Digitalisierungs-Cockpit visualisiert. Die digitale Position gibt an, wie fortschrittlich das Unternehmen im eigenen Markt im Bereich Digitalisierung ist.

**Programmausrichtung:** Gegenstand ist die strategische Ausrichtung des Produktprogramms auf die Digitalisierung. Da sich das Geschäft durch die Digitalisierung grundlegend wandeln kann, gilt es zunächst eine Vorstellung darüber zu entwickeln, wie die digitale Zukunft konkret aussehen könnte (vgl. Abschnitt 2.4.5). Hierzu werden alternative Zukunftsszenarien erarbeitet, aus denen ein Referenzszenario ausgewählt wird. Anschließend

erfolgt die Erstellung einer Szenario-Roadmap, die die Entwicklung von der heutigen Situation in das Zukunftsbild des Referenzszenarios beschreibt. Vor dem Hintergrund des antizipierten Entwicklungspfads wird im Nachgang die zukünftige Programmstruktur definiert. Hierzu werden etwaige Programmeliminierungen und -erweiterungen geprüft. Die Ergebnisse werden in einen Produktprogrammplan überführt. Dieser zeigt auf, wann eine Produktgruppe abgekündigt bzw. neu in das Produktprogramm aufgenommen werden soll. Ferner gibt er Auskunft über die geplanten Generationen einer Produktgruppe. Ausgehend von dem Produktprogrammplan wird schließlich eine Digitalisierungsstoßrichtung für jede Produktgruppe formuliert. Die Stoßrichtung ergibt sich im Wesentlichen aus der gegenwärtigen digitalen Position und der zukünftigen Bedeutung einer Produktgruppe. Sie legt fest, auf welche Art und in welchem Umfang eine Produktgruppe in welcher Generation in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell digitalisiert werden soll.

**Ideenfindung:** Kern dieser Phase ist die Generierung von Ideen für zukünftige Digitalisierungsoptionen gemäß der formulierten Digitalisierungsstoßrichtungen. Es gilt solche Optionen zu finden, die einen konkreten Nutzen für die Kunden stiften. Dazu werden zunächst die Kundenaufgaben bestimmt. Ausgehend davon werden Kundenprobleme und -gewinne analysiert. Kundenprobleme beschreiben gegenwärtige, artikulierte Bedürfnisse – sie werden durch Beobachtungen und Befragungen ermittelt. Kundengewinne stellen zukünftige, unartikulierte Bedürfnisse dar – sie werden aus dem Referenzszenario abgeleitet. Durch Abgleich der Probleme und Gewinne mit den Innovationsprinzipien der Digitalisierung werden im Nachgang Digitalisierungsoptionen ermittelt. Die Optionen werden in Hinblick auf die Dimensionen *Aufwand* und *Nutzen* bewertet. Die Bewertung wird anhand eines Portfolios visualisiert. Resultat sind Erfolg versprechende Digitalisierungsoptionen, die realisiert werden sollen.

**Programmdefinition:** In der vierten Phase wird definiert, welche Produktgruppe in welcher Generation durch welche Optionen digitalisiert werden soll. Zur Reduktion der Variantenvielfalt und Programmkomplexität werden die Optionen zunächst zu Digitalisierungspaketen zusammengefasst, wobei ein Paket zwei Bedingungen erfüllen muss: Die enthaltene Kombination von Digitalisierungsoptionen muss (1) *inhaltlich stimmig* und (2) unter technischen und marktseitigen Gesichtspunkten *zulässig* sein. Zur Sicherstellung der ersten Bedingung werden die Optionen hinsichtlich ihres Kundennutzens zu Nutzenclustern zusammengefasst. Um die zweite Bedingung zu erfüllen, werden Kombinationsgebote und -verbote für die Optionen festgelegt (Kriterien: *Technische Abhängigkeiten* bzw. *Unverträglichkeiten*, *Entwicklungszeiten* etc.). Auf Basis der Nutzencluster und Kombinationsrestriktionen werden anschließend Digitalisierungspakete definiert (Feature-, Service- und Geschäftsmodellpakete). Abschließend erfolgt die Zuordnung der Pakete zu den Produktgruppen und deren Generationen. Resultat ist eine Digitalisierungs-Roadmap, die die geplante Weiterentwicklung des Produktprogramms im Licht der Digitalisierung aufzeigt.

Zum besseren Verständnis und zur Validierung des Vorgehens wird dieses in den nachfolgenden Abschnitten anhand eines Projektes mit einem Hersteller von Haushaltsgeräten vorgestellt. Im Kern geht es um die Digitalisierung des Produktprogramms für Staubsauger. Aus Gründen der Vertraulichkeit wurden schützenswerte Informationen verfremdet.

### 4.5.1 Programmanalyse

Ziel der ersten Phase ist die Kenntnis der gegenwärtigen digitalen Position, d.h. es wird die Frage beantwortet: „*Wie digital ist unser Produktprogramm heute im Vergleich zum Wettbewerb?*“ Dazu werden eingangs Produktgruppen festgelegt, die im Rahmen des gesamten Vorgehens differenziert betrachtet werden sollen (Abschnitt 4.5.1.1). Je Produktgruppe wird im Nachgang ermittelt, welche Digitalisierungsoptionen das Unternehmen in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell bereits realisiert hat (Abschnitt 4.5.1.2). Anschließend werden die vom Wettbewerb umgesetzten Digitalisierungsoptionen identifiziert (Abschnitt 4.5.1.3). Durch einen Vergleich der Optionen des Unternehmens und der Wettbewerber wird schließlich die digitale Position des Unternehmens bestimmt (Abschnitt 4.5.1.4).

#### 4.5.1.1 Festlegung der zu betrachtenden Produktgruppen

Ausgangspunkt für das Vorgehen ist ein gegebenes Produktprogramm eines produzierenden Unternehmens, das digitalisiert werden soll. In der Regel setzt sich ein Produktprogramm aus einer Vielzahl an Produkten zusammen. Aus ressourcentechnischen Gründen ist es daher nicht sinnvoll, die Digitalisierung auf Einzelproduktebene (Produktvarianten) zu planen. Es sind Produktgruppen zu bilden, die für die entwicklungsbezogene Planung geeignet sind (vgl. Abschnitt 2.1.2) [KG18, S. 68]. Dabei gilt es, ein Aggregationslevel zu finden, das einerseits eine ausreichend differenzierte Betrachtung der Produktgruppen zulässt und andererseits eine Reduktion des Planungsaufwands auf ein handhabbares Maß erlaubt.

Zur Ableitung geeigneter Produktgruppen werden zunächst alle Produkte des Produktprogramms in standardisierter Form dokumentiert. In Wissenschaft und Praxis hat sich dazu die Verwendung von Merkmalen und korrespondierenden Merkmalsausprägungen etabliert. Ziel ist dabei keine vollständige Beschreibung aller Eigenschaften eines Produkts. Vielmehr geht es darum, diejenigen Eigenschaften abzubilden, die ein Produkt eindeutig charakterisieren [Dül18, S. 95], [Kes12, S. 73]. Tabelle 4-1 zeigt eine Auflistung aller zugehörigen Produkte des Produktprogramms für Staubsauger.

Tabelle 4-1: Liste aller zugehörigen Produkte des Produktprogramms für Staubsauger

Produktprogramm für Staubsauger		Produktmerkmale					Farbe
		Bauform	Saugleistung	Filtertyp	Partikelaufnahme	Energieversorgung	
Produkt (Artikelnummer)	1106608520	Bodenstaubsauger	550W	Air Clean	mit Beutel	kabelgebunden	schwarz
	1106608534	Bodenstaubsauger	550W	Air Clean	mit Beutel	kabelgebunden	weiß
	1106608543	Bodenstaubsauger	550W	Air Clean	mit Beutel	kabelgebunden	rot
	1106608526	Bodenstaubsauger	700W	Air Clean Plus	mit Beutel	kabelgebunden	schwarz
	1106608529	Bodenstaubsauger	700W	Air Clean Plus	mit Beutel	kabelgebunden	weiß
	1106808785	Bürstsauger	690W	HEPA Air Clean	mit Beutel	kabelgebunden	schwarz
	1106908991	Saugroboter	11W	Air Clean Plus	ohne Beutel	akkubetrieben	schwarz
	1106908994	Saugroboter	11W	Air Clean Plus	ohne Beutel	akkubetrieben	rot
<b>Σ</b>	<b>58 Produkte</b>						

Im Anschluss werden die einzelnen Produkte zu übergeordneten Produktgruppen aggregiert, indem die Unterscheidungsmerkmale gezielt eingeschränkt werden. Zur Bestimmung der Betrachtungsgrenze dient das in Bild 4-13 dargestellte Diagramm, das in Anlehnung an DÜLME in zwei Schritten erstellt wird [Dül18, S. 99ff.]:

1. Die Merkmale werden in eine Reihenfolge gebracht, die angibt, wie bedeutend sie für die Unterscheidung der Einzelprodukte sind. Dabei gilt die Prämisse, dass ein Merkmal umso wichtiger ist, je stärker es das Produktkonzept determiniert. Beispielsweise legt die *Bauform* das Produktkonzept in einem stärkeren Maße fest als die *Partikelaufnahme*. Die *Partikelaufnahme* hat wiederum einen größeren Einfluss als die *Energieversorgung* usw. Die Merkmale werden in absteigender Reihenfolge auf der Abszisse des Diagramms von links nach rechts aufgetragen.
2. Entlang der Sortierreihenfolge wird ermittelt, wie viele Produktgruppen sich aus der zusätzlichen Betrachtung eines Merkmals ergeben. Wird z.B. nur das Merkmal *Bauform* betrachtet, resultieren vier Produktgruppen. Aus der zusätzlichen Berücksichtigung der *Partikelaufnahme* und *Energieversorgung* folgen fünf Produktgruppen usw.

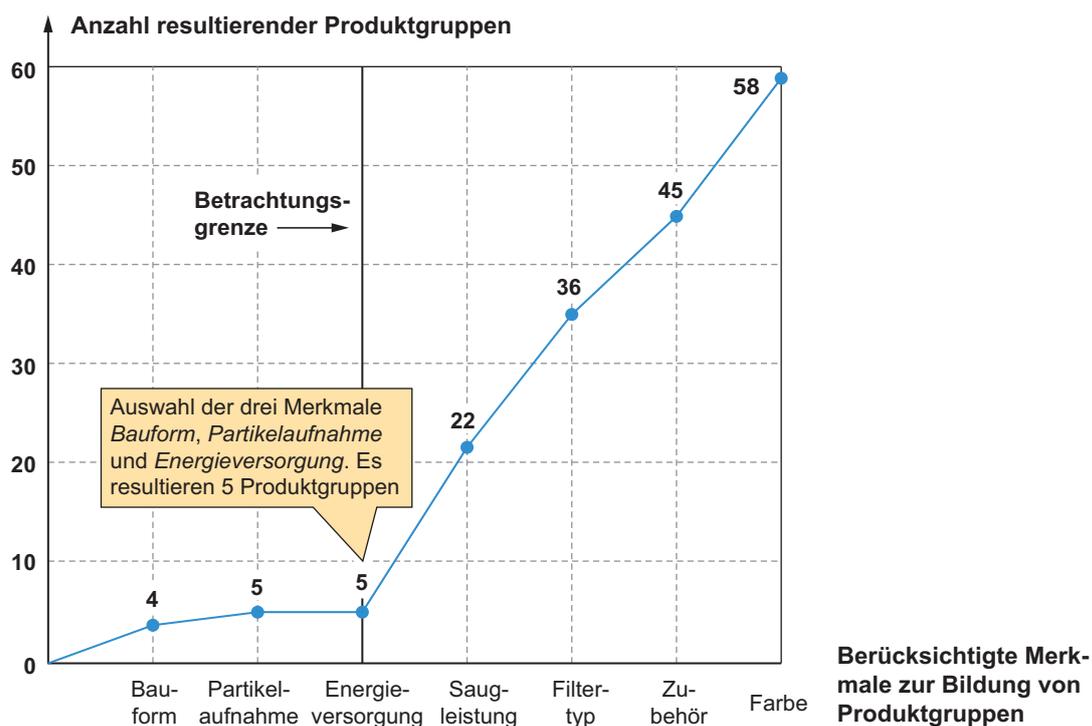


Bild 4-13: Diagramm zur Bestimmung der Anzahl zu betrachtender Produktgruppen in Anlehnung an [Dül18, S. 101]

Das Diagramm weist in der Regel einen charakteristischen Knick, den sog. *Ellbogen-Punkt* auf, der als Indikator für die Betrachtungsgrenze dient. An diesem Punkt würde die Anzahl der resultierenden Produktgruppen erheblich ansteigen, obwohl nur ein weiteres Unterscheidungsmerkmal berücksichtigt würde. Im Falle des Produktprogramms für Staubsauger würden beispielsweise 22 Produktgruppen resultieren, wenn neben den Merk-

malen *Bauform*, *Partikelaufnahme* und *Energieversorgung* auch noch das Merkmal *Saugleistung* berücksichtigt würde. Der Anstieg des sich daraus ergebenden Planungsaufwandes stünde nicht im Verhältnis zur Bedeutung des Merkmals. Daher wird die Betrachtungsgrenze bei dem Produktmerkmal *Energieversorgung* gezogen. Insgesamt resultieren fünf Produktgruppen, die in Bild 4-14 in einem Merkmalbaum dargestellt sind [Kip12, S. 80ff.], [SAS12, S. 337f.]. Die Produktgruppen bilden die Basis für die nachfolgenden Phasen und Aufgaben des Vorgehensmodells.

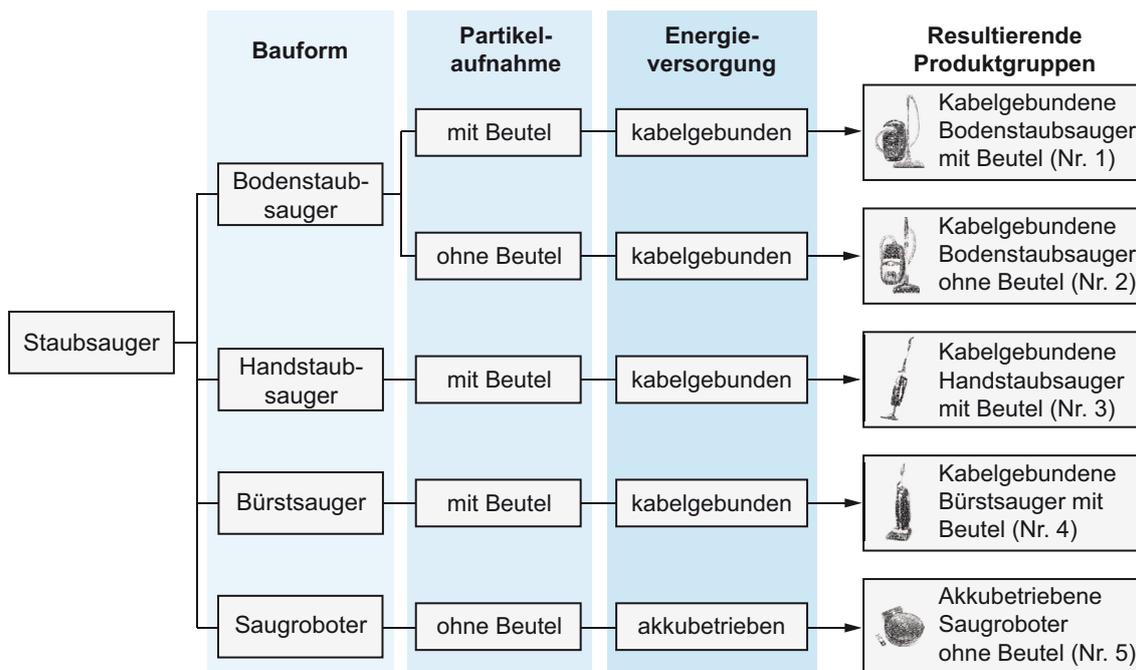


Bild 4-14: Zu betrachtende Produktgruppen dargestellt in einem Merkmalbaum in Anlehnung an [EG18a, S. 9], [EG18c, S. 64]

#### 4.5.1.2 Ermittlung bereits realisierter Digitalisierungsoptionen

Für die einzelnen Produktgruppen wird analysiert, inwiefern sie bereits digitalisiert wurden. Dazu werden vom Unternehmen realisierte Digitalisierungsoptionen ermittelt, wobei gemäß der drei Gestaltungsdimensionen der Digitalisierung zwischen digitalen Features, digitalen Services und digitalen Geschäftsmodellen unterschieden wird (vgl. Abschnitt 4.2). Die realisierten Digitalisierungsoptionen werden in einem **Digitalisierungsprofil** aggregiert dargestellt, wie es Bild 4-15 exemplarisch für die *Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“* zeigt. Das Digitalisierungsprofil enthält im oberen Teil eine kurze Charakterisierung der Produktgruppe. Im unteren Teil sind die umgesetzten Optionen entsprechend der drei Dimensionen aufgeführt. Für die digitalen Features erfolgt zusätzlich eine Differenzierung nach den acht generischen Eigenschaften digitalisierter Produkte (vgl. Abschnitt 2.4.2)<sup>52</sup>.

<sup>52</sup> Für den Fall, dass ein Feature zur Ausprägung mehrerer Eigenschaften führt, wird es derjenigen Eigenschaft zugeordnet, die es am stärksten adressiert.

In Hinblick auf die Dimension Produkt sind die Saugroboter beispielsweise mit einem *Indoor Positioning System* und einem *Touch User Interface* ausgestattet. Sie können in *verschiedenen Modi* betrieben und über eine *Fernbedienung* gesteuert werden. Darüber hinaus sind sie in der Lage, im sog. *Auto-Mode* eigenständig die Wohnung zu saugen sowie etwaige *Hindernisse* oder *Absturzstellen* (z.B. Treppen) zu erkennen und zu umfahren. Zudem kann der Nutzer über einen *Timer* einstellen, zu welcher Uhrzeit der Saugroboter den Boden reinigen soll. In den übrigen Dimensionen wurden bislang keine Optionen realisiert. Es erfolgt weder ein Angebot digitaler Services für die Saugroboter, noch werden abseits des tradierten Produktverkaufs digitale Geschäftsmodelle für die Produktgruppe betrieben.

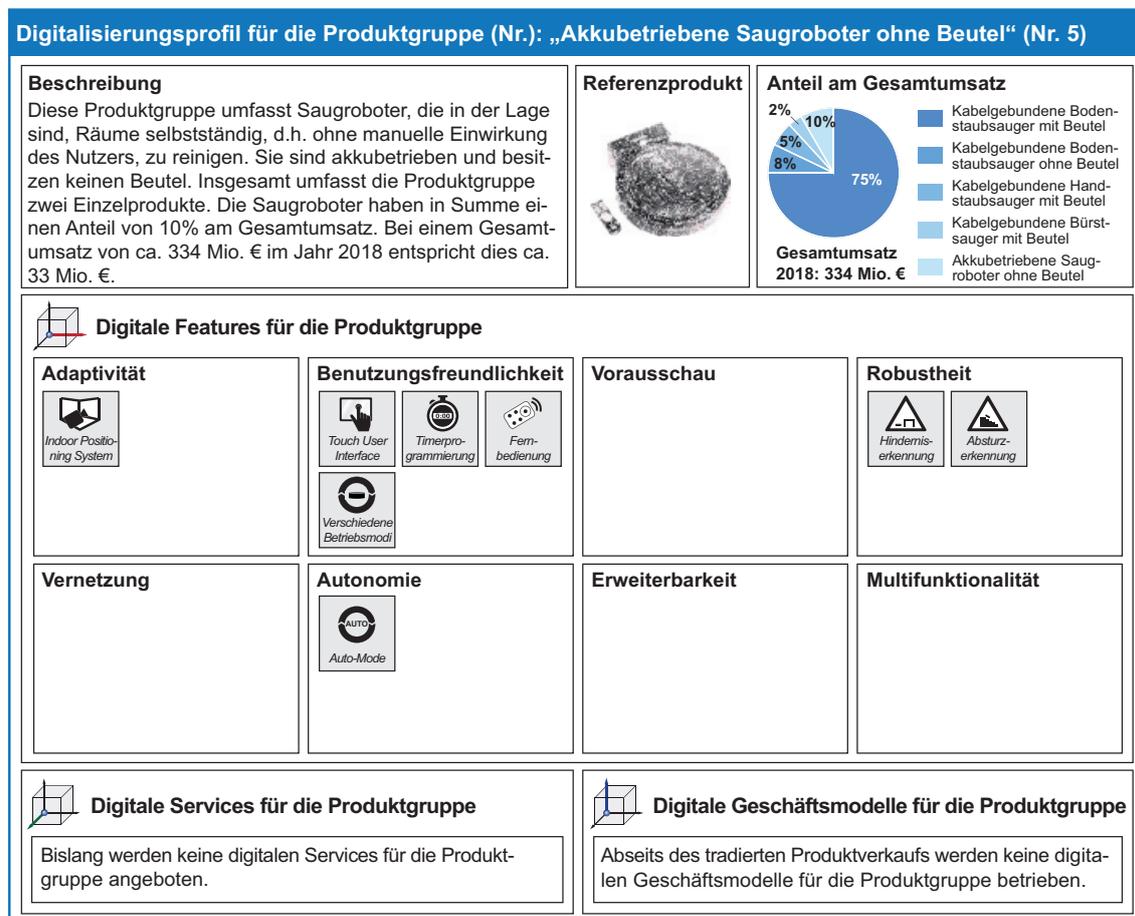


Bild 4-15: Digitalisierungsprofil für die Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“ in Anlehnung an [EG18c, S. 65]

Die einzelnen Features, Services und Geschäftsmodelle werden darüber hinaus in **Steckbriefen** detailliert. Die Steckbriefe sind für alle drei Dimensionen ähnlich aufgebaut. Sie enthalten im Kern eine textuelle Beschreibung sowie eine Darstellung des zugrunde liegenden Konzepts. Zur Veranschaulichung der Feature- und Servicekonzepte wird die Spezifikationstechnik CONSES eingesetzt (vgl. Abschnitt 3.4.3.1). Die Darstellung von Geschäftsmodellkonzepten erfolgt mit Hilfe der Spezifikationstechnik nach SCHNEIDER (vgl. Abschnitt 3.4.3.3). Darüber hinaus werden die realisierten Digitalisierungsoptionen hinsichtlich ihres

Innovationsgrades bewertet. Die Bewertung erfolgt jeweils innerhalb der zugehörigen Dimension und erstreckt sich von „0“ (sehr niedriger Innovationsgrad) bis „3“ (hoher Innovationsgrad). Als Indikator für den Innovationsgrad wird die Position im Kano-Modell der Kundenzufriedenheit herangezogen [KST+84], [GDE+19, S. 100f.], wobei in Abhängigkeit der Dimension zwischen im Prinzip obsoleten Features/Services/Geschäftsmodellen, Basisfeatures/-services/-geschäftsmodellen, Leistungsfeatures/-services/-geschäftsmodellen und Begeisterungsfeatures/-services/-geschäftsmodellen unterschieden wird. In Bild 4-16 ist beispielhaft ein Steckbrief für das digitale Produktfeature „Absturzerkennung“ gezeigt<sup>53</sup>. Der Innovationsgrad des Features wurde als niedrig bewertet, da es sich um ein Basisfeature handelt, das Standard am Markt ist und eine Selbstverständlichkeit für den Kunden darstellt. Es löst beim Kunden keine gesteigerte Zufriedenheit aus. Ein Fehlen des Features würde hingegen zu großer Unzufriedenheit führen, da der Saugroboter bei einem Absturz beschädigt werden könnte oder ggf. andere Gegenstände beschädigt.

**Digitales Produktfeature (Nr.): Absturzerkennung (Nr. 7)**

<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Die Absturzerkennung sorgt dafür, dass der Saugroboter keine Treppen oder andere Abgründe hinunterstürzt. An der Unterseite des Saugroboters sind drei Infrarotsensoren angebracht, die kontinuierlich den Abstand zum Boden messen. Überschreiten die Sensorwerte einen Maximalwert, wird ein Signal an die Elektromotoren des rechten und linken Antriebs ausgegeben, das dafür sorgt, dass der Saugroboter anhält und anschließend in eine andere Richtung fährt.</p>	<p><b>Symbol</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> </div>
--	--

**Technisches Konzept des Features**

The diagram illustrates the technical concept of the fall detection feature. It shows a vacuum robot with an 'Informationsverarbeitung' (Information Processing) block containing a 'Mikrocontroller' and 'Sensorauswertung' (Sensor Evaluation) components. 'Infrarotsensoren (Unterseite)' (Infrared sensors) on the bottom detect 'Reflektiertes IR-Licht' (Reflected IR light) from a 'Treppe' (Staircase), sending 'Sensorwerte' (Sensor values) to the 'Sensorauswertung' block. This block sends a 'Distanz' (Distance) signal to the 'Mikrocontroller', which then sends a 'Stellsignal' (Control signal) to the 'Antrieb' (Drive) block. The drive block contains an 'Elektromotor' (Electric motor) and a 'Rad' (Wheel). The motor provides 'E\_mech' (Mechanical energy) to the wheel, which generates 'Reibkraft' (Friction force) against the 'Boden' (Floor). A red arrow labeled 'Abstürze' (Fall) points from the robot towards the staircase, indicating the hazard.

<p><b>Kategorie</b></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Adaptivität</td> <td><input type="checkbox"/> Vernetzung</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Benutzungsfreundlichkeit</td> <td><input type="checkbox"/> Autonomie</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Vorausschau</td> <td><input type="checkbox"/> Erweiterbarkeit</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Robustheit</td> <td><input type="checkbox"/> Multifunktionalität</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Adaptivität	<input type="checkbox"/> Vernetzung	<input type="checkbox"/> Benutzungsfreundlichkeit	<input type="checkbox"/> Autonomie	<input type="checkbox"/> Vorausschau	<input type="checkbox"/> Erweiterbarkeit	<input checked="" type="checkbox"/> Robustheit	<input type="checkbox"/> Multifunktionalität	<p><b>Innovationsgrad des Features</b></p> <div style="text-align: center;"> <p>0                      1                      2                      3</p> <p>sehr niedrig      niedrig              mittel              hoch</p> <p>(im Prinzip obsoletes Feature)      (Basisfeature)      (Leistungsfeature)      (Begeisterungsfeature)</p> </div> <p>Der Innovationsgrad des Features ist niedrig. Es ist Standard am Markt und eine Selbstverständlichkeit für den Kunden.</p>
<input type="checkbox"/> Adaptivität	<input type="checkbox"/> Vernetzung								
<input type="checkbox"/> Benutzungsfreundlichkeit	<input type="checkbox"/> Autonomie								
<input type="checkbox"/> Vorausschau	<input type="checkbox"/> Erweiterbarkeit								
<input checked="" type="checkbox"/> Robustheit	<input type="checkbox"/> Multifunktionalität								

**Realisiert für Produktgruppe (Nr.):**

<input type="checkbox"/> Nr. 1	<input type="checkbox"/> Nr. 2	<input type="checkbox"/> Nr. 3	<input type="checkbox"/> Nr. 4	<input checked="" type="checkbox"/> Nr. 5
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---

Bild 4-16: Steckbrief für das digitale Produktfeature „Absturzerkennung“

<sup>53</sup> Da bislang keine digitalen Services und Geschäftsmodelle für Staubsauger am Markt existieren, wurden in diesen Dimensionen keine Steckbriefe erstellt. An dieser Stelle sei daher stellvertretend auf die Phase „Ideenfindung“ verwiesen, in der Ideen für zukünftige digitale Services und Geschäftsmodelle generiert und in ähnlicher Weise dokumentiert wurden (vgl. Abschnitt 4.5.3.3 bzw. A2.6).

### 4.5.1.3 Ermittlung der vom Wettbewerb realisierten Digitalisierungsoptionen

In diesem Schritt wird untersucht, welche Digitalisierungsoptionen die Wettbewerber für die einzelnen Produktgruppen bereits umgesetzt haben. Zunächst werden für alle Produktgruppen Wettbewerber identifiziert. Im Nachgang werden die wichtigsten Wettbewerber je Produktgruppe ausgewählt. Die Produkte der ausgewählten Wettbewerber werden anschließend analog zu den unternehmenseigenen Produkten analysiert.

Zur Identifikation von Wettbewerbern bieten sich nach LANGE u.a. Internetrecherchen, Messebesuche oder Branchenportale an [Lan94, S. 268ff.]. Darüber hinaus können nach WARSCHAT ET AL. semantische Suchen eingesetzt werden [WKS13, S. 41]. Insgesamt konnten im Validierungsbeispiel über alle Produktgruppen hinweg 30 Wettbewerber identifiziert werden. Diese wurden in einer sog. *Long List* dokumentiert [Wir03, S. 109].

Die Auswahl der zu analysierenden Wettbewerber erfolgt anhand des in Bild 4-17 dargestellten **Wettbewerber-Radars**. Es ist gemäß der betrachteten Produktgruppen in fünf Bereiche unterteilt. In jedem Bereich sind die Wettbewerber für die entsprechende Produktgruppe in Form von Kreisen verortet. Bietet ein Wettbewerber für mehrere Produktgruppen Konkurrenzprodukte an, wird er in allen korrespondierenden Bereichen aufgeführt.

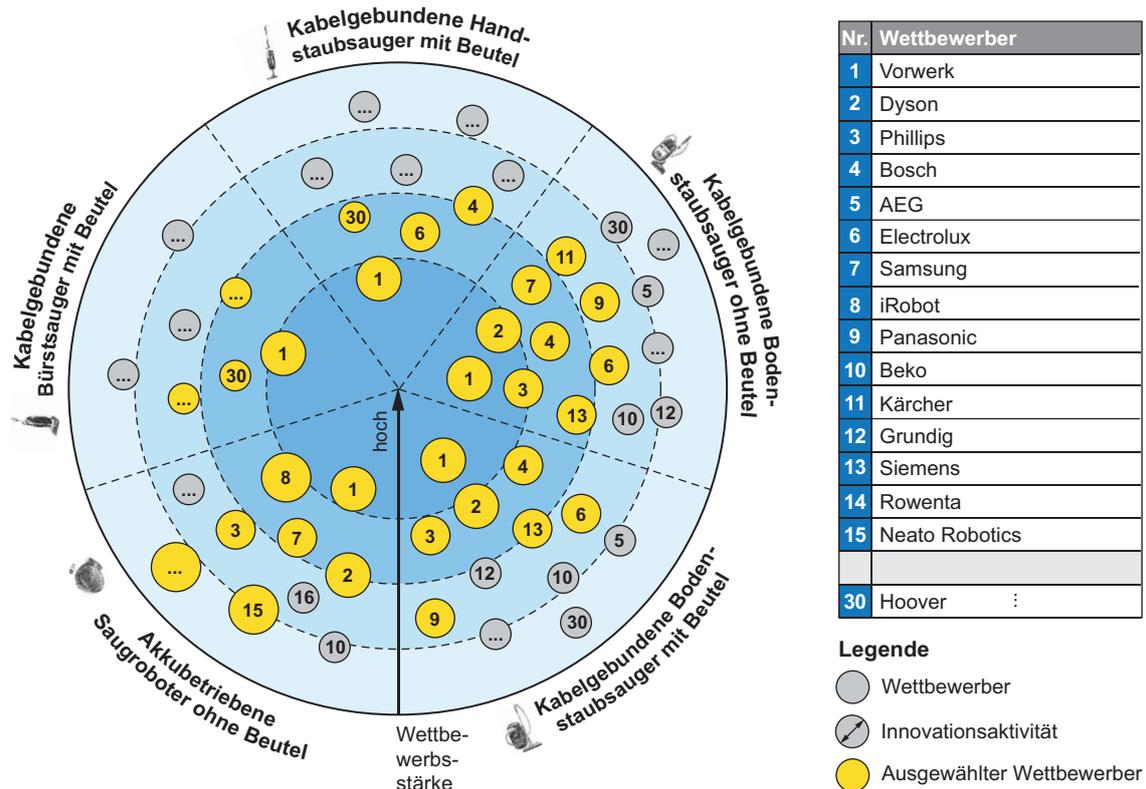


Bild 4-17: Wettbewerber-Radar zur Auswahl der zu analysierenden Wettbewerber

Die Einordnung der Wettbewerber in das Radar basiert auf den zwei Dimensionen Wettbewerbsstärke und Innovationsaktivität. Die **Wettbewerbsstärke** wird anhand von Kennzahlen wie Marktanteil, Umsatz oder Absatz bestimmt und durch die Positionierung

des Kreises zur Bildmitte repräsentiert. Die **Innovationsaktivität** wird anhand von Indikatoren wie Patentanzahl oder Anzahl und Häufigkeit von Neuprodukten ermittelt und durch den Kreisdurchmesser abgebildet. Wettbewerbsstärke und Innovationsaktivität können in Abhängigkeit der Produktgruppe unterschiedlich ausgeprägt sein.

Es hat sich bewährt, aus jedem Bereich alle zentral gelegenen Wettbewerber sowie alle weiter außen gelegenen Wettbewerber mit hohem Kreisdurchmesser auszuwählen. Bei ersteren handelt es sich in der Regel um etablierte Platzhirsche, die ebenso wie das eigene Unternehmen gefordert sind, ihr Produktprogramm zu digitalisieren, um die angestammte Wettbewerbsposition zu verteidigen bzw. auszubauen. Hinter letzteren verbergen sich häufig neue Wettbewerber, die mit innovativen Marktleistungen oder Geschäftsmodellen in den Markt eintreten. In den vergangenen Jahren gab es beispielsweise einen vermehrten Einstieg von Start-ups in das Geschäft mit Saugrobotern (z.B. Neato Robotics).

Für die ausgewählten Wettbewerber wird je Produktgruppe wiederum ein **Digitalisierungsprofil** erstellt. Bild 4-18 zeigt exemplarisch das Digitalisierungsprofil für den Wettbewerber *Vorwerk* in der *Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“*.

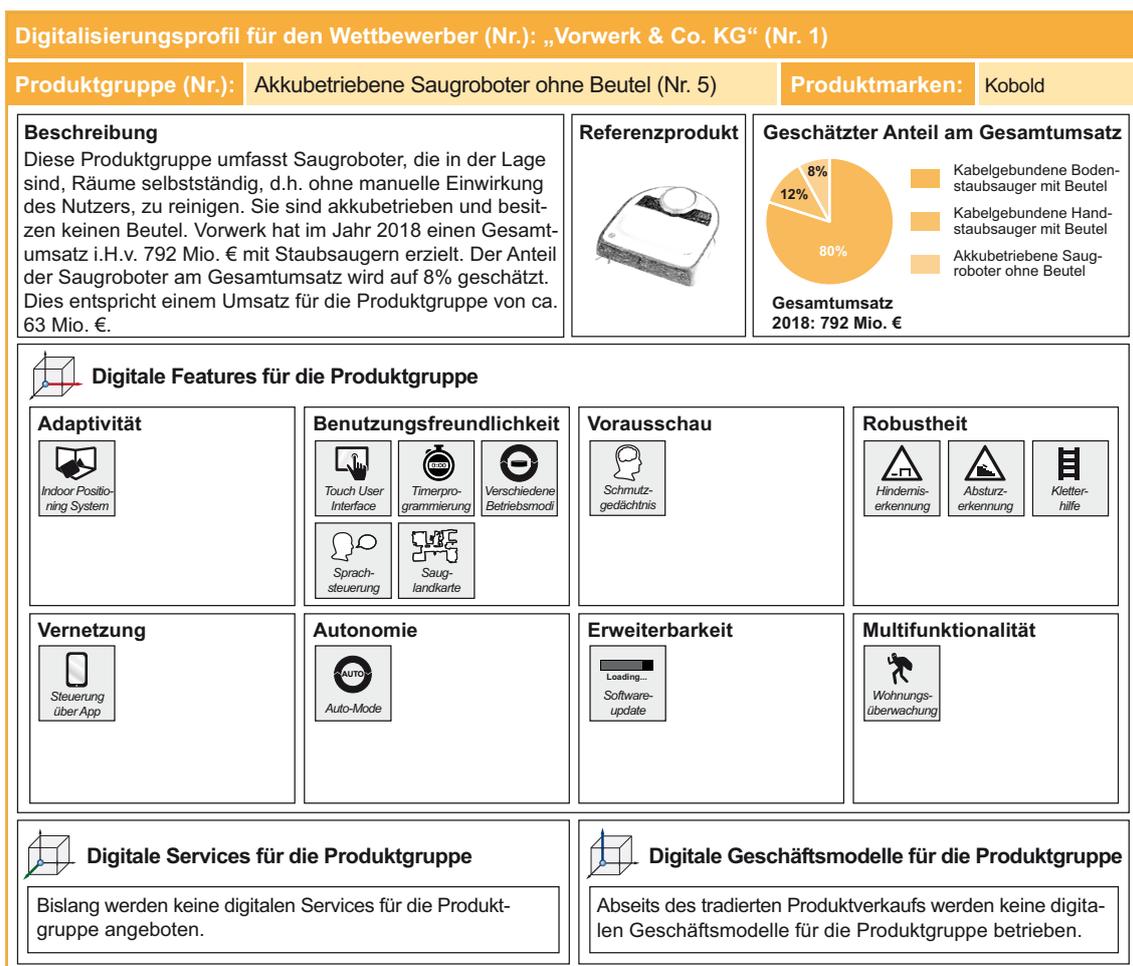


Bild 4-18: Digitalisierungsprofil für den Wettbewerber Vorwerk in der Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“

Es ist zu erkennen, dass *Vorwerk* für die Produktgruppe bereits eine Vielzahl weiterer digitaler Features umgesetzt hat. So erzeugen die Saugroboter beispielsweise eine *digitale Sauglandkarte*, in die eingetragen wird, an welchen Stellen des Raumes gesaugt wurde und an welchen nicht. Auf diese Weise sieht der Nutzer sehr einfach, wo er ggf. nachsaugen muss. Darüber hinaus besitzen die Saugroboter ein *Schmutzgedächtnis*, d.h. sie erkennen, welche Stellen des Raumes in der Regel stark verschmutzt sind. Diese Stellen werden häufiger abgefahren und gereinigt. Ein weiteres Feature nutzt die Kamera des Saugroboters für eine *Wohnungsüberwachung*, die den Nutzer z.B. im Falle eines Einbruchs über das Smartphone warnt. Mit Blick auf die anderen beiden Dimensionen hat jedoch auch *Vorwerk* bislang keine digitalen Services und Geschäftsmodelle realisiert.

Für die übrigen Wettbewerber und Produktgruppen wird gleichermaßen verfahren. Die zusätzlich vom Wettbewerb realisierten Features, Services und Geschäftsmodelle werden in Ergänzung zu den vom Unternehmen realisierten Optionen ebenfalls in Steckbriefen dokumentiert und hinsichtlich ihres Innovationsgrades bewertet (vgl. Bild 4-16).

#### 4.5.1.4 Bestimmung der digitalen Position

Auf Basis der Analyseergebnisse wird in diesem Schritt die gegenwärtige digitale Position des Unternehmens bestimmt. Die **digitale Position** gibt an, wie ein Unternehmen mit seinem Produktprogramm im Bereich Digitalisierung im eigenen Markt positioniert ist. Zunächst wird die digitale Position je Produktgruppe bestimmt. Im Anschluss wird aus den Einzelpositionen der Produktgruppen die Gesamtposition des Produktprogramms ermittelt. Abschließend werden die Einzelpositionen und die Gesamtposition in einem Digitalisierungs-Cockpit<sup>54</sup> visualisiert.

##### **Bestimmung der digitalen Position des Unternehmens je Produktgruppe**

Die vorangegangenen Analyseschritte haben gezeigt, welche digitalen Produktfeatures, Services und Geschäftsmodelle für eine Produktgruppe am Markt existieren und welche dieser Optionen das eigene Unternehmen umgesetzt hat. Anhand dieser Informationen wird zunächst der gruppenspezifische Digitalisierungsgrad in allen drei Dimensionen berechnet. Der **gruppenspezifische Digitalisierungsgrad** wird definiert als der Anteil der vom Unternehmen realisierten Digitalisierungsoptionen an allen am Markt verfügbaren Digitalisierungsoptionen für eine Produktgruppe unter Berücksichtigung der jeweiligen Innovationsgrade. Der Wertebereich erstreckt sich von 0% (keine Optionen realisiert) bis 100% (alle Optionen realisiert). Bild 4-20 zeigt beispielhaft die **Berechnung**<sup>55</sup> für die *Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“* in der Dimension Produkt. Derzeit existieren 22 digitale Produktfeatures für Saugroboter am Markt. Von diesen Features hat das Unternehmen 8 in seinen Produkten realisiert. Unter Berücksichtigung der Innovationsgrade der Features ergibt sich ein gruppenspezifischer Digitalisierungsgrad von 34%.

<sup>54</sup> Ein Cockpit ist ein Ansatz zur Strukturierung und Visualisierung von Leistungskennzahlen. Das Konzept wurde entwickelt, um entscheidungsrelevante Messgrößen übersichtlich abzubilden [HHW+06, S. 80].

<sup>55</sup> Die Gleichung zur Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads enthält Anhang A2.2.

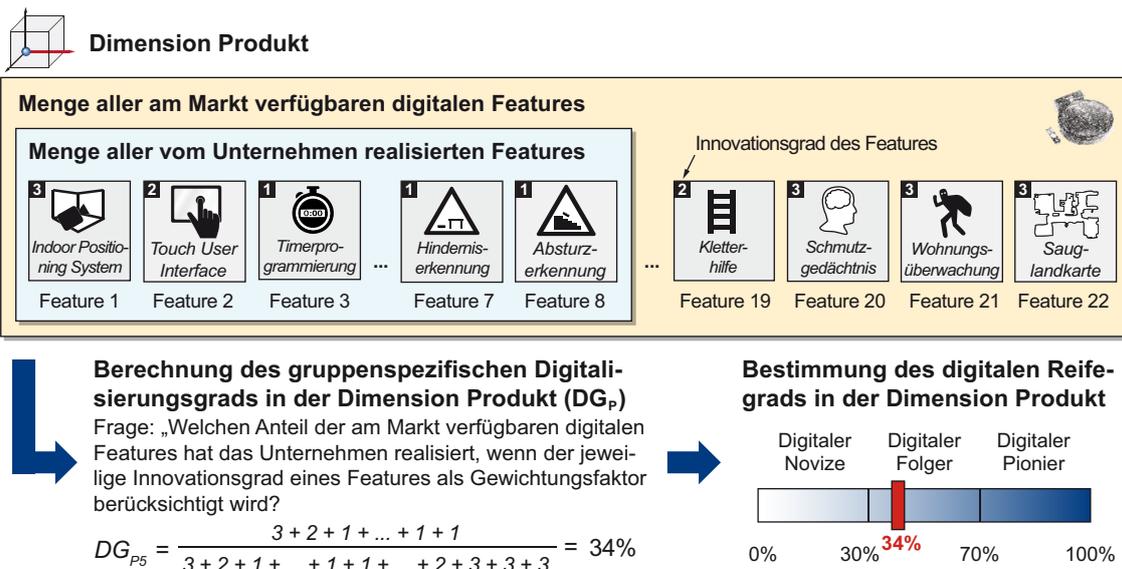


Bild 4-19: Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads in der Dimension Produkt für die Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“

Anhand des errechneten Kennwertes wird der **digitale Reifegrad** des Unternehmens in jeder Dimension bestimmt. Es werden drei Reifestufen unterschieden, die jeweils durch einen spezifischen Wertebereich charakterisiert sind (Bild 4-20):

- **Digitaler Novize [0%; 30%]:** Liegt der Wert zwischen 0% und 30%, wird das Unternehmen als digitaler Novize eingestuft. Es hat bislang vergleichsweise wenige Digitalisierungsoptionen bzw. wenig innovative Optionen umgesetzt.
- **Digitaler Folger [31%; 70%]:** Ein Wert im Intervall von 31% bis 70% führt zu einer Einstufung als digitaler Folger. Das Unternehmen bewegt sich mit seinen realisierten Digitalisierungsoptionen im Mittelfeld des Marktes.
- **Digitaler Pionier [71%; 100%]:** Bei einem Wert zwischen 71% bis 100% wird das Unternehmen als digitaler Pionier klassifiziert. Es ist Vorreiter im Bereich Digitalisierung und trägt maßgeblich zur Transformation des Marktes bei.

Gemäß dieser Metrik wurde der Reifegrad für die *Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“* in der Dimension Produkt als *Digitaler Folger* bestimmt.

Die berechneten Werte und Reifegrade in allen drei Dimensionen werden anschließend im sog. Digitalisierungsraum zur **digitalen Position** zusammengeführt (vgl. Abschnitt 4.2). Die Dimension Produkt wird auf der Abszissenachse (x-Achse), die Dimension Dienstleistung auf der Ordinatenachse (y-Achse) und die Dimension Geschäftsmodell auf der Applikatenachse (z-Achse) abgetragen. Bild 4-20 zeigt die digitale Position für die *Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“*. Es ist zu erkennen, dass Saugroboter bislang ausschließlich in der Dimension Produkt digitalisiert wurden. Das Unternehmen ist hier mit einem gruppenspezifischen Digitalisierungsgrad von 34% lediglich *Digitaler Folger* am Markt. In den anderen Dimensionen hat bisher keine Digitalisierung stattgefunden – kein Marktteilnehmer bietet digitale Services oder Geschäftsmodelle für Saugroboter an.

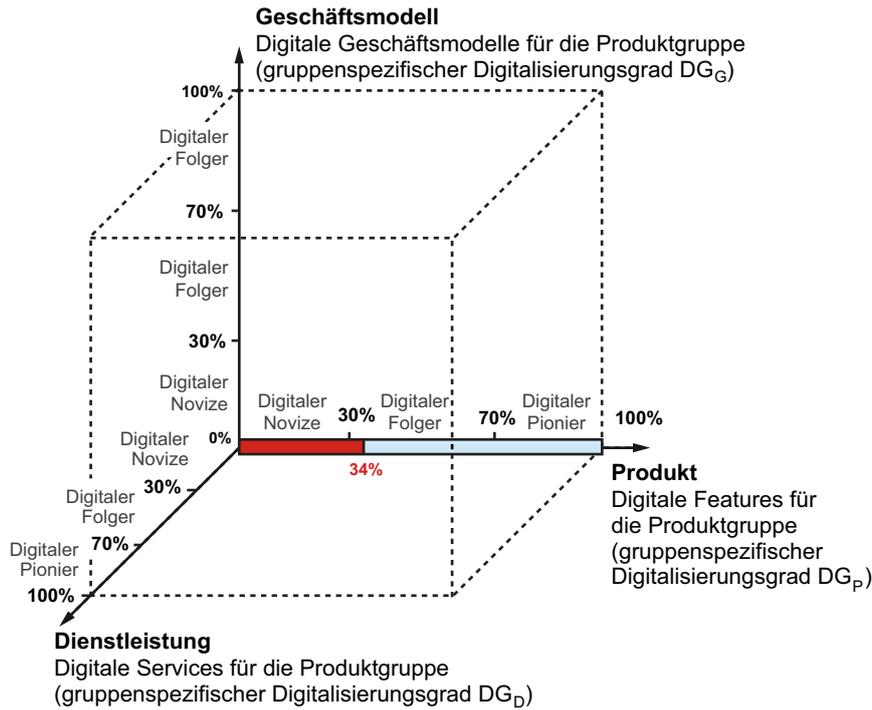


Bild 4-20: Digitale Position für die Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“ dargestellt im Digitalisierungsraum<sup>56</sup>

**Bestimmung der digitalen Position des Unternehmens für das Produktprogramm**

Ausgehend von den Einzelpositionen der Produktgruppen wird die Gesamtposition des Produktprogramms bestimmt. Dazu wird zunächst der programmweite Digitalisierungsgrad in allen Dimensionen berechnet. Der **programmweite Digitalisierungsgrad** wird definiert als arithmetisches Mittel der gruppenspezifischen Digitalisierungsgrade gewichtet mit dem jeweiligen Umsatzanteil der Produktgruppe. Durch die Gewichtung mit dem Umsatzanteil wird die unternehmerische Bedeutung der Produktgruppen berücksichtigt. In Bild 4-21 ist die **Berechnung**<sup>57</sup> für die Dimension Produkt dargestellt. Es ergibt sich ein Wert von 23%.

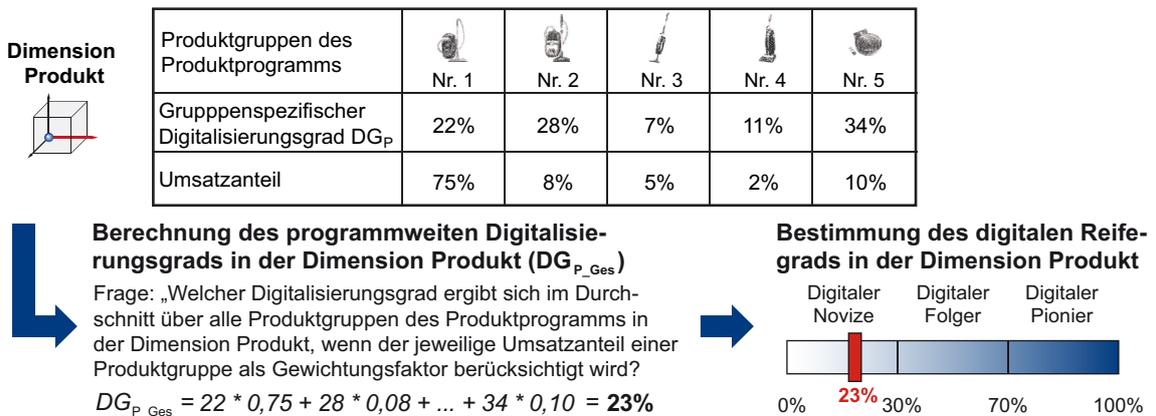


Bild 4-21: Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads in der Dimension Produkt

<sup>56</sup> In Abhängigkeit der Werte für die drei Dimensionen sind unendlich viele Ausprägungen der digitalen Position im Digitalisierungsraum denkbar. Weitere Beispiele sind in Anhang A2.3 abgebildet.  
<sup>57</sup> Die Gleichung zur Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads enthält Anhang A2.4.

Die Werte und Reifegrade in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell werden erneut zur **digitalen Gesamtposition** im Digitalisierungsraum zusammengeführt.

### Erstellung des Digitalisierungs-Cockpits

Die Einzelpositionen und die Gesamtposition werden abschließend in einem Digitalisierungs-Cockpit visualisiert, wie es Bild 4-22 für das Produktprogramm Staubsauger zeigt. Das Cockpit stellt in übersichtlicher Form dar, wie gut das Unternehmen mit seinem Produktprogramm heute im Bereich Digitalisierung aufgestellt ist.

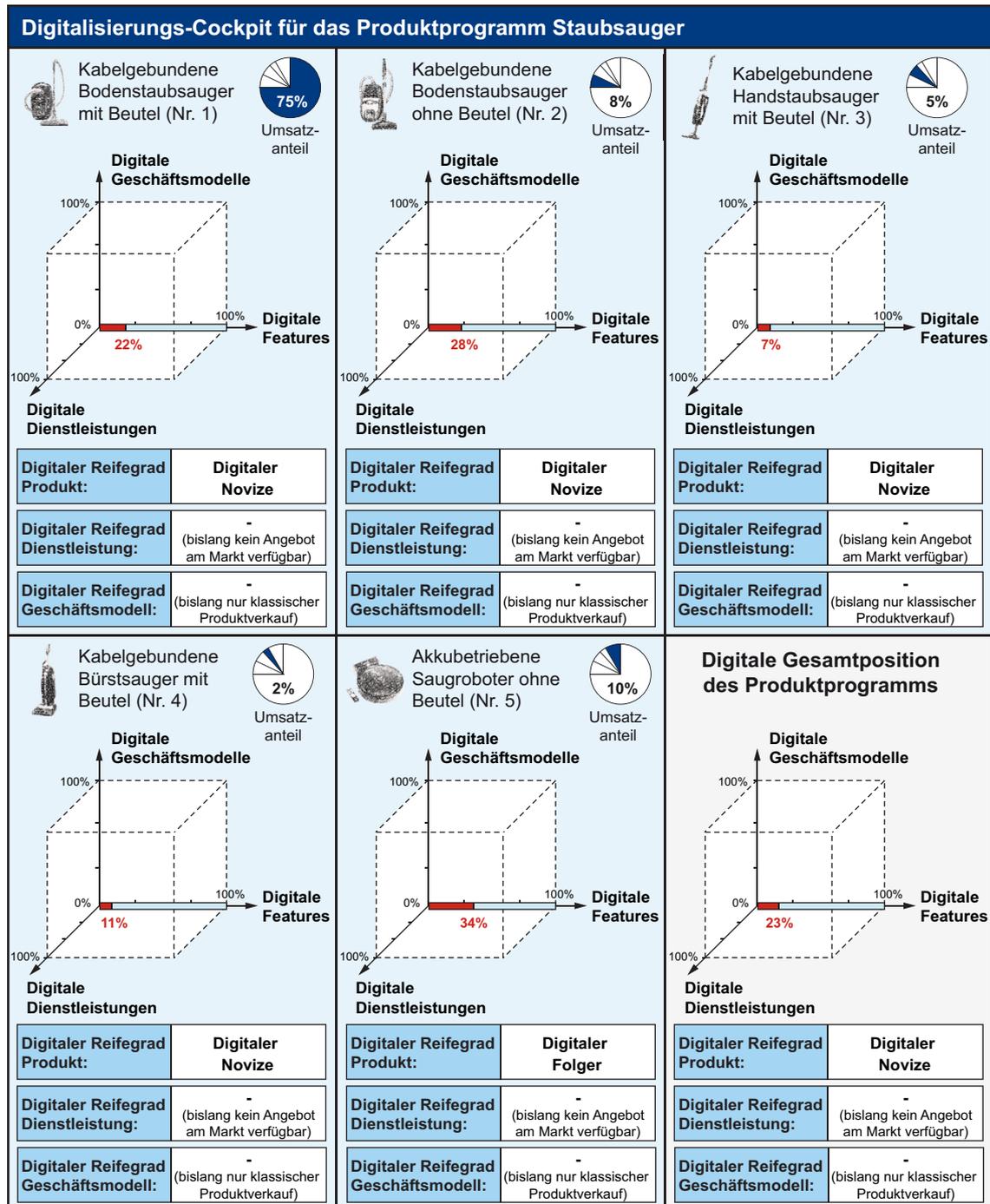


Bild 4-22: Digitalisierungs-Cockpit für das Produktprogramm Staubsauger

Bezogen auf das Validierungsprojekt ergeben sich folgende Befunde: Im Markt für Staubsauger hat die Digitalisierung bislang ausschließlich in der Dimension Produkt stattgefunden. In dieser Dimension ist das Unternehmen mit allen Produktgruppen rückständig und deckt nur einen geringen Teil der am Markt verfügbaren (innovativen) Features ab. Unter Berücksichtigung der unternehmerischen Bedeutung der Produktgruppen, ergibt sich ein programmweiter Digitalisierungsgrad von 23% – das Unternehmen ist damit lediglich *Digitaler Novize*. Insgesamt stellt die Ausgangssituation ein erhebliches Risiko für das Unternehmen dar. Es droht den Anschluss an den Wettbewerb im Bereich Digitalisierung zu verlieren und muss dringend handeln, um einen möglichen Verlust an Marktanteilen zu verhindern und den zukünftigen Geschäftserfolg weiterhin sicherzustellen.

## 4.5.2 Programmausrichtung

Ziel dieser Phase ist die strategische Ausrichtung des Produktprogramms auf die Digitalisierung. Da die Digitalisierung zu disruptiven Veränderungen von Produkten, Märkten und Geschäftsumfeldern führen kann, bedarf es zunächst einer Vorstellung von der digitalen Zukunft. Hierzu werden alternative Zukunftsszenarien entwickelt, aus denen ein Referenzszenario ausgewählt wird (Abschnitt 4.5.2.1). Im Anschluss wird eine Szenario-Roadmap erstellt, die die Migration von der heutigen Ausgangssituation in das Zukunftsbild des Referenzszenarios beschreibt (Abschnitt 4.5.2.2). Vor dem Hintergrund des Referenzszenarios und seiner Migrationsschritte wird im Nachgang die zukünftige Programmstruktur definiert (Abschnitt 4.5.2.3). Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse aus der Vorausschau und der Programmanalyse (Phase 1) wird im letzten Schritt für jede Produktgruppe eine Digitalisierungsstoßrichtung formuliert, die aufzeigt, in welchem Umfang und auf welche Weise die Produktgruppe digitalisiert werden soll (Abschnitt 4.5.2.4).

### 4.5.2.1 Entwicklung einer Vorstellung von der digitalen Zukunft

Die Digitalisierung wird die Produkt- und Geschäftswelt in nahezu allen Branchen transformieren. Nicht selten wird dabei unterstellt, dass die Veränderungen disruptiven Charakter haben werden: Der Markt könnte durch digitale Produkt-, Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen neu definiert werden – die bestehenden Differenzierungsmechanismen in der Wettbewerbsarena würden an Gültigkeit verlieren (vgl. Abschnitte 2.3 und 2.4) [PH14, S. 33], [BLM+15, S. 1ff.], [KL13, S. 1ff.]. Ziel dieses Schritts ist daher eine Vorstellung darüber, wie die digitale Zukunft konkret aussehen könnte. Um vorauszudenken, wie sich das Geschäft im Lichte der Digitalisierung voraussichtlich wandeln wird, werden **alternative Zukunftsszenarien** entwickelt. Dazu wird die Szenario-Technik nach GAUSEMEIER eingesetzt (vgl. Abschnitt 3.4.1.1)<sup>58</sup>.

---

<sup>58</sup> Da die Methodik im Rahmen dieser Aufgabe standardmäßig durchgeführt wird, wird an dieser Stelle auf eine umfangreiche Darlegung der einzelnen Methodenschritte verzichtet. Das Vorgehen (vgl. Bild 3-27) wird in verkürzter Form am Beispiel des Validierungsprojekts beschrieben.

In der **Szenario-Vorbereitung** wird zunächst das Gestaltungsfeld definiert. Das Gestaltungsfeld ist der Bereich, der basierend auf den Erkenntnissen aus den Szenarien gestaltet werden soll. Im Rahmen der Systematik ist dies das Produktprogramm. Zusätzlich sind Entwicklungen aus dem Unternehmensumfeld ins Kalkül zu ziehen. Hierzu zählen in erster Linie das Verhalten und die Bedürfnisse der Kunden. Gleichzeitig empfiehlt es sich aber auch, Dinge wie die zukünftige Wettbewerbsarena zu betrachten. Neben dem Gestaltungsfeld ist die Zielsetzung festzulegen, die mit den Szenarien<sup>59</sup> verfolgt werden soll. Im Kontext der Systematik ist die Frage zu klären, wie das Produktprogramm strategisch ausgerichtet ist, um in der digitalisierten Welt von morgen Geschäftserfolg zu haben.

Im Rahmen der **Szenariofeld-Analyse** sind das Gestaltungsfeld und das Unternehmensumfeld anhand von Einflussbereichen und -faktoren zu beschreiben. Hierzu bieten sich interdisziplinäre Workshops mit Mitarbeitern des Unternehmens aus Bereichen wie Vertrieb, Entwicklung, Produktmanagement etc. sowie externen Experten aus dem Themenfeld Digitalisierung an, z.B. Forschungsinstitute, Beratungen etc. Aus den ermittelten Einflussfaktoren sind mittels einer Einfluss- und Relevanzanalyse<sup>60</sup> die sog. Schlüsselfaktoren auszuwählen. Bild 4-23 zeigt die Einflussbereiche und Schlüsselfaktoren zur Beschreibung der digitalen Zukunft des Geschäfts mit Staubsaugern. Das Gestaltungsfeld umfasst in Anlehnung an die drei Dimensionen der Digitalisierung die Bereiche *Produkttechnologien*, *Geschäftsmodelle* und *Services*. Das Unternehmensumfeld enthält die Bereiche *Kunden*, *Rahmenbedingungen* und *Wettbewerber*. Beispiele für Schlüsselfaktoren sind die „Bevorzugte Art des Staubsaugens“ (Nr. 1) oder „Smart Home-Integration“ (Nr. 13).

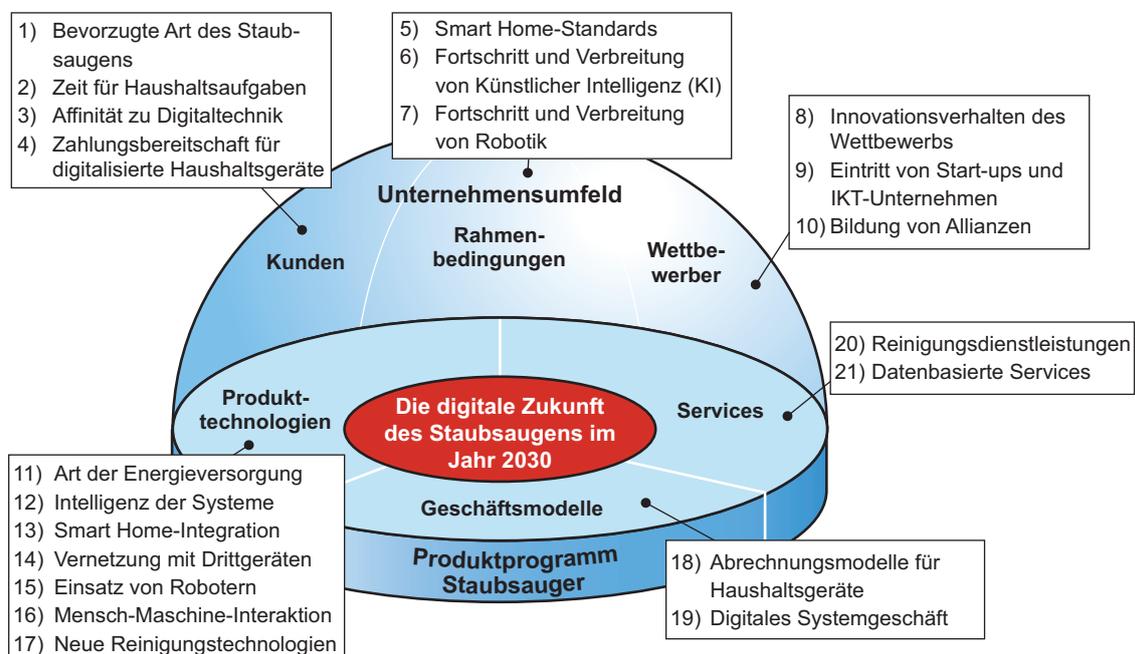


Bild 4-23: Szenariofeld, Einflussbereiche und Schlüsselfaktoren für das Geschäft mit Staubsaugern in der digitalisierten Welt von morgen (Zeithorizont 2030)

<sup>59</sup> Sofern ein Unternehmen heterogene Märkte bedient, kann es sinnvoll sein, marktspezifische Szenarien zu erstellen. Im vorliegenden Beispiel beziehen sich die Szenarien auf den europäischen Markt.

<sup>60</sup> Für eine tiefergehende Auseinandersetzung sei verwiesen auf [GDE+19, S. 126ff.].

Im Zuge der **Projektions-Entwicklung** werden alternative Entwicklungsmöglichkeiten (Projektionen) für jeden Schlüsselfaktor erarbeitet. Die Projektionen werden ausführlich beschrieben. Für den Schlüsselfaktor „*Bevorzugte Art des Staubsaugens*“ ist beispielsweise denkbar, dass Kunden zukünftig weiterhin ein „*Manuelles Staubsaugen*“ bevorzugen (Projektion 1A). Andererseits ist auch vorstellbar, dass die Kunden in der Zukunft ausschließlich „*Autonomes Staubsaugen durch Roboter*“ wünschen (Projektion 1B) oder ein „*Hybrides Staubsaugen*“ vorziehen, bei dem sie lediglich an den Stellen nachsaugen müssen, die der Saugroboter nicht oder nicht zufriedenstellend gereinigt hat (Projektion 1C).

In der **Szenario-Bildung** werden aus den Zukunftsprojektionen der Schlüsselfaktoren Szenarien entwickelt. Grundlage bildet eine paarweise Bewertung der Verträglichkeit von Zukunftsprojektionen in einer Konsistenzmatrix. Beispielsweise sind die Projektionen „*Autonomes Staubsaugen durch Roboter*“ (Projektion 1B) und „*Flächendeckender Einsatz vollautonomer Haushaltsroboter*“ (Projektion 15C) hoch konsistent, d.h. sie begünstigen sich in einem Szenario. Hingegen sind die Projektionen „*Manuelles Staubsaugen*“ (Projektion 1A) und „*Flächendeckender Einsatz vollautonomer Haushaltsroboter*“ (Projektion 15C) inkonsistent und können daher nicht in einem gemeinsamen Szenario vorkommen. Mittels einer Konsistenzanalyse werden zunächst konsistente Projektionsbündel gebildet. Bei einem Projektionsbündel handelt es sich um eine Kette von Projektionen, wobei genau eine Projektion je Schlüsselfaktor auftritt. Da sich viele der Projektionsbündel ähneln, werden diese im Nachgang mittels einer Clusteranalyse zu Szenarien zusammengefasst. Im Validierungsprojekt wurden auf diese Weise fünf Zukunftsszenarien für das Geschäft mit Staubsaugern in der digitalisierten Welt im Jahr 2030 entwickelt, die in Bild 4-24 in einer Multidimensionalen Skalierung (MDS)<sup>61</sup> dargestellt sind:

- **Digitalisierung? Nein Danke! (Szenario 1):** In diesem Szenario ist die Digitalisierung von Staubsaugern aufgrund mangelnder Kundenakzeptanz und Zahlungsbereitschaft ausgeblieben. In einem konservativen und wenig emotionalen Markt zählen weiterhin die klassischen Attribute wie Saugleistung, Energieverbrauch und Geräuschemission. Die Kunden saugen nach wie vor überwiegend manuell. Saugroboter sind bedingt durch mangelnde technologische Leistungsfähigkeit nicht über ein Nischendasein hinausgekommen.
- **Digital veredeltes Premiumgeschäft (Szenario 2):** Hier sind nur hochpreisige Premiumgeräte und Saugroboter umfassend digitalisiert, wobei digitale Features im Vordergrund stehen – digitale Services und Geschäftsmodelle konnten sich in der Breite nicht durchsetzen. Im Volumengeschäft findet Digitalisierung aufgrund des Kostendrucks kaum statt. Insgesamt ist das manuelle Saugen weiterhin die dominante Nutzungsform. Saugroboter haben allerdings Marktanteile hinzugewonnen.
- **Reinigung as a Service (Szenario 3):** In diesem Zukunftsbild wurde der Markt durch Reinigungsdienstleister transformiert. Sie bieten Reinigung as a Service an, wobei sich

---

<sup>61</sup> Für eine ausführliche Beschreibung der paarweisen Konsistenzbewertung, der Konsistenz- und Clusteranalyse sowie der Multidimensionalen Skalierung (MDS) sei erneut verwiesen auf [GDE+19, S. 133ff.].

die Dienstleistungen über Plattformen digital abwickeln lassen – von der Beauftragung, über die Ergebniskontrolle bis hin zur Abrechnung. Das Produktgeschäft ist in Folge der Markttransformation stark eingebrochen, da es für die Kunden keine Notwendigkeit mehr gibt, einen Staubsauger zu besitzen.

- **Roboter dominierte Welt (Szenario 4):** Hier haben signifikante Fortschritte in der Robotik dazu geführt, dass alle Aufgaben im Haushalt durch Roboter erledigt werden. Das Aufgabenspektrum der Roboter ist dabei stark angewachsen. Sie können nicht nur staubsaugen, sondern auch wischen oder Fenster putzen. Manuelle Staubsauger sind vor diesem Hintergrund nahezu vollständig vom Markt verschwunden.
- **Smart Home-basiertes Ökosystem (Szenario 5):** In diesem Szenario sind Staubsauger zu intelligenten Produkt-Service-Systemen avanciert, die über das Smart Home mit anderen Haushaltsgeräten vernetzt sind. Dies hat zahlreiche innovative Features hervorgebracht. Darüber hinaus haben neue digitale Services und Geschäftsmodelle zur Ausbildung eines digitalen Ökosystems im Bereich Haushaltsreinigung geführt. Manuelle Staubsauger und Roboter koexistieren am Markt, wobei Roboter erhebliche Marktanteile gewonnen haben.



Bild 4-24: Szenarien für die digitale Zukunft des Staubsaugers im Jahr 2030 dargestellt in einer Multidimensionalen Skalierung (MDS)

Im Rahmen des **Szenario-Transfers** erfolgt die Analyse der Szenarien. Ziel sind Vorgaben zur strategischen Ausrichtung des Produktprogramms auf die digitale Zukunft. Nach GAUSEMEIER ist hierbei eine Fokussierung auf ein sog. Referenzszenario anzustreben

[GDE+19, S. 143]. Dazu werden die Szenarien nach ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und Stärke der Auswirkungen bewertet. Bild 4-25 zeigt das zugehörige Bewertungsportfolio.

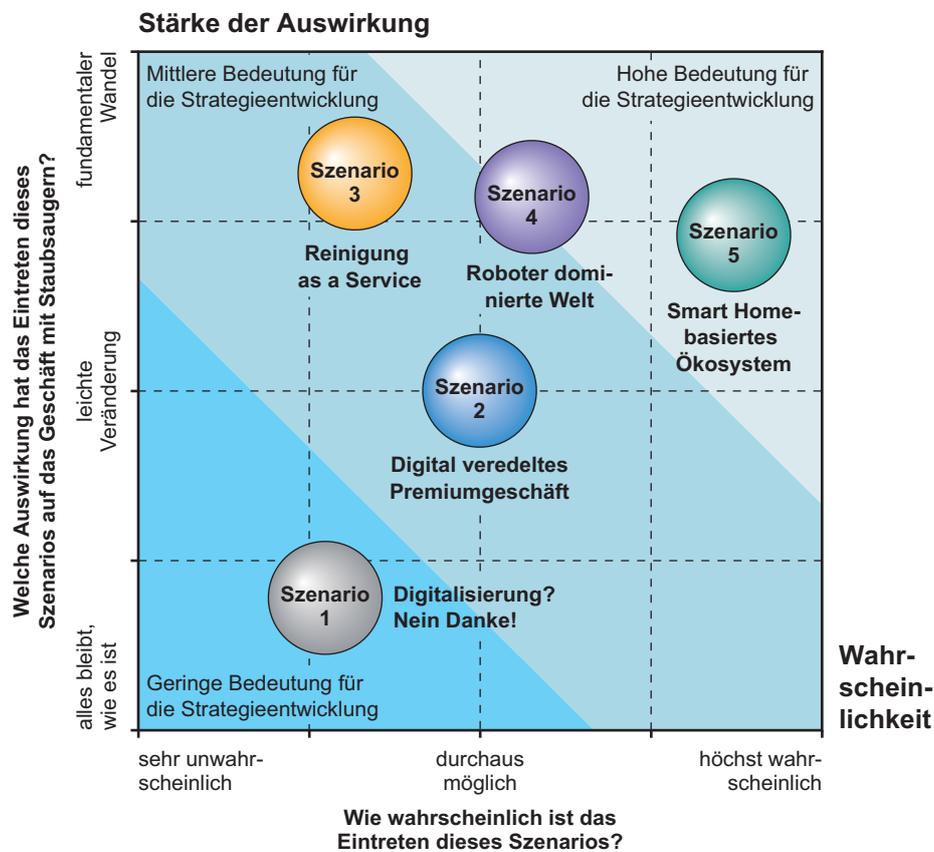


Bild 4-25: Portfolio zur Auswahl des Referenzszenarios [GDE+19, S. 143]

Im Validierungsprojekt wurde auf diese Weise das Szenario 5 „Smart Home-basiertes Ökosystem“ als Referenzszenario ausgewählt. Es hat gravierende Auswirkungen auf das Geschäft mit Staubsaugern und ist gleichzeitig sehr wahrscheinlich. Die konkrete Ausrichtung des Produktprogramms auf dieses Zukunftsbild ist Gegenstand der nächsten Aufgaben.

#### 4.5.2.2 Erstellung einer Szenario-Roadmap

Das Referenzszenario liefert ein wahrscheinliches Zukunftsbild für die digitalisierte Welt von morgen, das radikale Veränderungen mit sich bringt. Der Übergang von der heutigen Situation in das Zukunftsbild erfolgt jedoch nicht ad-hoc, sondern schrittweise über einen langen Zeitraum. Die Digitalisierung ist keine Revolution, die das bestehende Geschäft sprunghaft transformiert, sondern ein evolutionärer Prozess, der erst in der Rückschau wohlmöglich als Revolution gesehen wird [MBB17, S. 64], [GDE+19, S. 87]. Im Sinne einer evolutionären Weiterentwicklung des Produktprogramms reicht daher ein starres, zeitpunktbezogen formuliertes Bild der digitalen Zukunft allein nicht aus. Es braucht ebenso eine Vorstellung darüber, wie der Weg in das Zukunftsbild voraussichtlich verläuft. Ziel dieser Aufgabe ist daher eine Szenario-Roadmap, die die Migration von der heutigen Situation in das Referenzszenario beschreibt.

Zur Erstellung der **Szenario-Roadmap** werden zunächst Zeitpunkte definiert, die als Zwischenschritte auf dem Weg in die digitale Zukunft beschrieben und analysiert werden sollen. Im Validierungsprojekt wurden zwei Zwischenschritte für die Jahre 2020 und 2025 festgelegt. Im Nachgang wird für die gewählten Zeitpunkte die bis dahin erfolgte Weiterentwicklung der Schlüsselfaktoren abgeschätzt<sup>62</sup>. Dabei ist sicherzustellen, dass die Zwischenschritte ebenso wie das Referenzszenario inhaltlich konsistent sind. Im Validierungsprojekt wurde dazu ein Konsistenzcheck auf Basis der zuvor erstellten Konsistenzmatrix durchgeführt (vgl. Schritt Szenario Bildung in Abschnitt 4.5.2.1). Bild 4-26 zeigt die Szenario-Roadmap für das zuvor ausgewählte Referenzszenario 5 „*Smart Home-basiertes Ökosystem*“. Aus heutiger Sicht findet eine Integration von Staubsaugern in das Smart Home aufgrund des geringen technischen Fortschritts beispielsweise noch nicht statt (Schlüsselfaktor Nr. 13). Für das Jahr 2020 ist anzunehmen, dass erste Features zur Integration in das Smart Home am Markt verfügbar sein werden. Bis zum Jahr 2025 wird die Vernetzung mit anderen Geräten über das Smart Home stark zugenommen haben. Inkompatible Geräte werden kaum mehr eine Chance am Markt haben. Im Jahr 2030 wird die Vernetzung mit Haushaltsgeräten und Geräten der Unterhaltungselektronik über das Smart Home Standard sein.

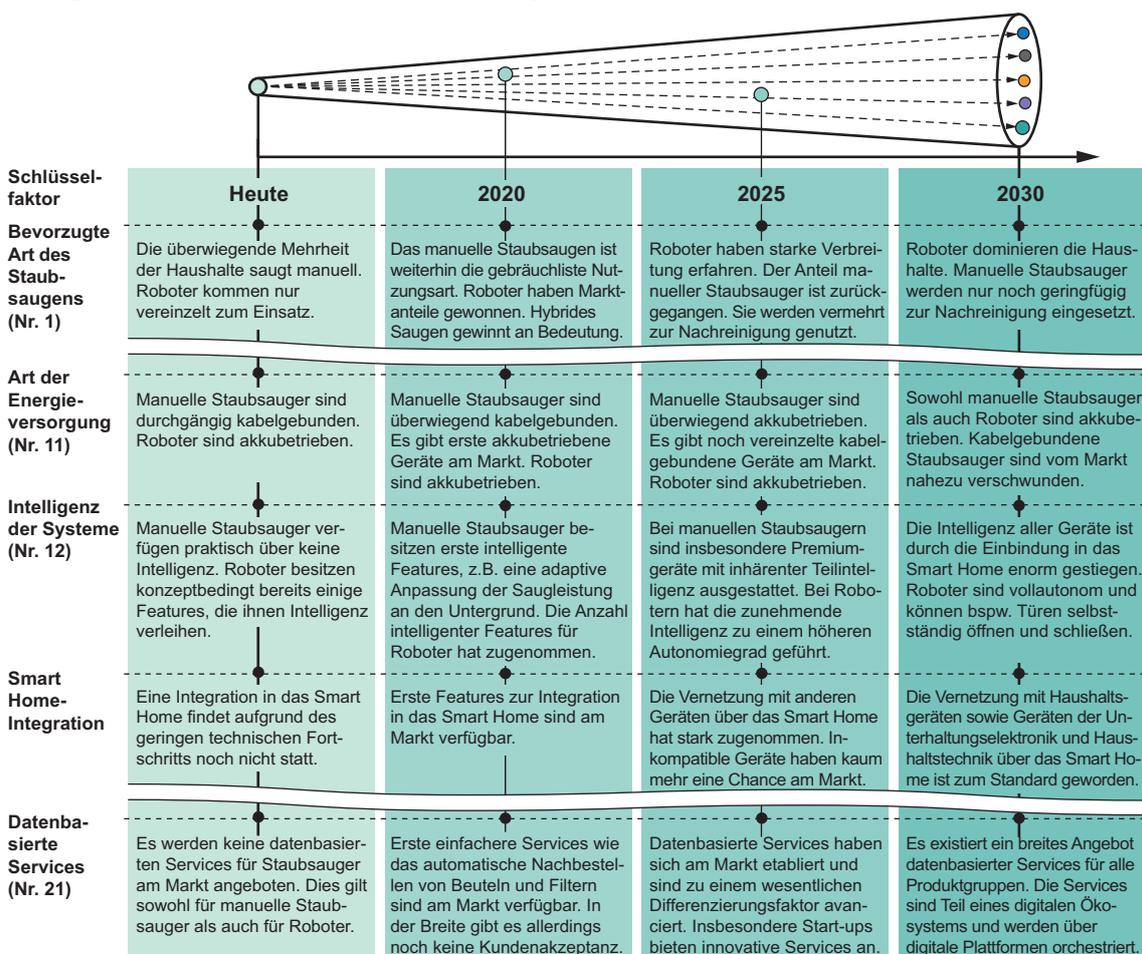


Bild 4-26: Szenario-Roadmap für das Referenzszenario 5 „*Smart Home-basiertes Ökosystem*“ (Ausschnitt) in Anlehnung an [EG18c, S. 68], [Rey13, S. 133]

<sup>62</sup> Unterstützend kann an dieser Stelle das Verfahren nach REYMANN eingesetzt werden (vgl. Anhang A2.5).

Die Roadmap ermöglicht eine Beurteilung darüber, wie weit die Digitalisierung des Produktprogramms bis zu den einzelnen Zwischenschritten fortgeschritten sein sollte, um am Markt zukünftig erfolgreich zu sein. Sie bildet somit die Grundlage, um die evolutionäre Weiterentwicklung der einzelnen Produktgruppen fundiert planen zu können. In der Regel ergeben sich im Kontext der digitalen Transformation jedoch auch grundlegende Änderungen an der Programmstruktur – es sind völlig neue Produktgruppen in das Programm aufzunehmen (beispielsweise in Bezug auf autonome Systeme) oder bestehende Produktgruppen werden obsolet und sollten daher über kurz oder lang aus dem Programm eliminiert werden. Dies wird im Rahmen der nachfolgenden Aufgabe analysiert.

#### 4.5.2.3 Definition der zukünftigen Programmstruktur

Vor dem Hintergrund des Referenzszenarios und seiner Migrationsschritte wird im Rahmen dieser Aufgabe die zukünftige Programmstruktur definiert. Diese legt im Sinne einer Grobplanung fest, welche Produktgruppen in Zukunft grundsätzlich am Markt angeboten werden sollen. Ausgehend davon wird in der nächsten Aufgabe (vgl. Abschnitt 4.5.2.4) eine Feinplanung für jede Produktgruppe vorgenommen, aus der hervorgeht, in welchem Umfang und auf welche Weise diese in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell digitalisiert werden soll. Zur Definition der zukünftigen Programmstruktur werden drei Schritte durchlaufen: Zunächst wird überprüft, ob die bestehenden Produktgruppen auch in Zukunft weiterhin Gültigkeit haben werden oder ob sich früher oder später eine Abkündigung empfiehlt. Im Nachgang wird analysiert, ob im Kontext der Digitalisierung neue Produktgruppen in das Produktprogramm aufzunehmen sind. Auf Basis der beabsichtigten Programmeliminierungen und -erweiterungen wird im dritten Schritt ein Produktprogrammplan erstellt. Dieser zeigt in Form einer Roadmap auf, wie die Weiterentwicklung des Produktprogramms über den Zeitverlauf auf Ebene der Produktgruppen erfolgen soll (vgl. Abschnitt 2.2.2).

Zur Gültigkeitsprüfung der bestehenden Produktgruppen wird ein **Produktgruppen-Zukunfts-Mapping** durchgeführt, wie es Bild 4-27 für das Produktprogramm Staubsauger zeigt. Grundlage hierfür bildet eine Tabelle, die in den Zeilen die gegenwärtigen Produktgruppen des Produktprogramms und in den Spalten die analysierten Zeitpunkte der Szenario-Roadmap (vgl. Bild 4-26) enthält. Die zugrunde liegende Fragestellung lautet: „*Hat die Produktgruppe i (Zeile) zum Zeitpunkt j (Spalte) vor dem Hintergrund des Referenzszenarios und seiner Migrationsschritte voraussichtlich (noch) Markterfolg?*“. Zur Beantwortung der Frage werden die Texte aus der Szenario-Roadmap und dem Referenzszenario herangezogen – diese beschreiben, wie die Situation zum jeweiligen Zeitpunkt in der Zukunft voraussichtlich ausgeprägt sein wird. So wird u.a. davon ausgegangen, dass kabelgebundene Staubsauger in etwa ab dem Jahr 2025 zunehmend vom Markt verschwinden und durch akkubetriebene Modelle ersetzt werden. Gleichzeitig gewinnen Roboter stark an Bedeutung, wobei die Leistungsfähigkeit und die Funktionalität der Roboter erheblich zunehmen werden. Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnis zeichnet sich ab, dass die Produktgruppen Nr. 1 bis Nr. 4 in der heutigen Eigenschaftskonstellation ab dem Jahr

2025 voraussichtlich keinen Markterfolg mehr haben werden. Sie sollten bis zu diesem Zeitpunkt im Programm gehalten und dann abgekündigt werden. Der Markterfolg von Robotern wird hingegen deutlich zunehmen. Die bestehende *Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“* ist daher weiter auszubauen.

Fragestellung: „Hat die Produktgruppe i (Zeile) zum Zeitpunkt j (Spalte) vor dem Hintergrund des Referenzszenarios und seiner Migrationsschritte voraussichtlich (noch) Markterfolg?“		Zeitpunkt	Heute	2020	2025	2030
Produktgruppe	Nr.	1	2	3	4	
 Kabelgebundene Bodenstaubsauger mit Beutel	1	++	+	-	--	
 Kabelgebundene Bodenstaubsauger ohne Beutel	2	++	++	+	--	
 Kabelgebundene Handstaubsauger mit Beutel	3	+	+	-	--	
 Kabelgebundene Bürstsauger mit Beutel	4	+	-	--	--	
 Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel	5	+	+	++	++	

 sehr wahrscheinlich   
  wahrscheinlich   
  keine eindeutige Tendenz erkennbar   
  unwahrscheinlich   
  sehr unwahrscheinlich

Bild 4-27: Produktgruppen-Zukunfts-Mapping [EG18c, S. 68]

Für die Prüfung von Programmweiterungen werden zunächst **zukünftig relevante Produktmerkmale und Merkmalsausprägungen** identifiziert, die die eingangs ermittelten Merkmale und Merkmalsausprägungen ergänzen (vgl. Bild 4-14). Hierzu werden zwei wesentliche Quellen genutzt: Zum einen werden Merkmale und Merkmalsausprägungen aus dem Referenzszenario und dessen Migrationsschritten abgeleitet. Zum anderen werden Neuerungen im Produktprogramm der Wettbewerber analysiert. Ein Großteil der hierzu erforderlichen Informationen ist bereits aus Phase 1 bekannt (vgl. Abschnitt 4.5.1.3). Im Validierungsprojekt wurden die drei übergeordneten Merkmale *Bauform*, *Partikelaufnahme* und *Energieversorgung* beibehalten, um eine bestmögliche Vergleichbarkeit zu den bestehenden Produktgruppen zu gewährleisten. Als zukünftige Ausprägungen für das Merkmal *Bauform* wurden u.a. *Wischroboter* und *Fensterputzroboter* identifiziert. Auf diese Weise soll der im Referenzszenario beschriebenen Entwicklung Rechnung getragen werden, dass Haushaltsrobotik zukünftig stark an Bedeutung gewinnen wird. Für das Merkmal *Partikelaufnahme* wurde in diesem Zusammenhang u.a. die Ausprägung *mit Wassertank* ergänzt. Durch die Bildung von Kombinationen aus den zukünftigen und bestehenden Merkmalsausprägungen werden zukünftige Produktgruppen abgeleitet<sup>63</sup>. Im Validierungsprojekt

<sup>63</sup> Die Bildung von Kombinationen kann methodisch durch eine Konsistenzanalyse unterstützt werden, wie sie u.a. KÖCKERLING, SCHUH ET AL. oder DÜLME anwenden [Köc04, S. 84], [SAS12, S. 338], [Dül18, S. 104]. Im Validierungsprojekt wurde aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl an Merkmalen und Merkmalsausprägungen darauf verzichtet.

wurden auf diese Weise die in Bild 4-28 dargestellten Produktgruppen Nr. 6 „Akkubetriebe Bodenstaubsauger ohne Beutel“, Nr. 7 „Akkubetriebene Handstaubsauger ohne Beutel“, Nr. 8 „Akkubetriebene Wischroboter mit Wassertank“ sowie Nr. 9 „Akkubetriebene Fensterputzroboter mit Wassertank“ definiert. Sie sollen zukünftig in das Produktprogramm aufgenommen werden und die nicht zukunftsfähigen Produktgruppen substituieren.

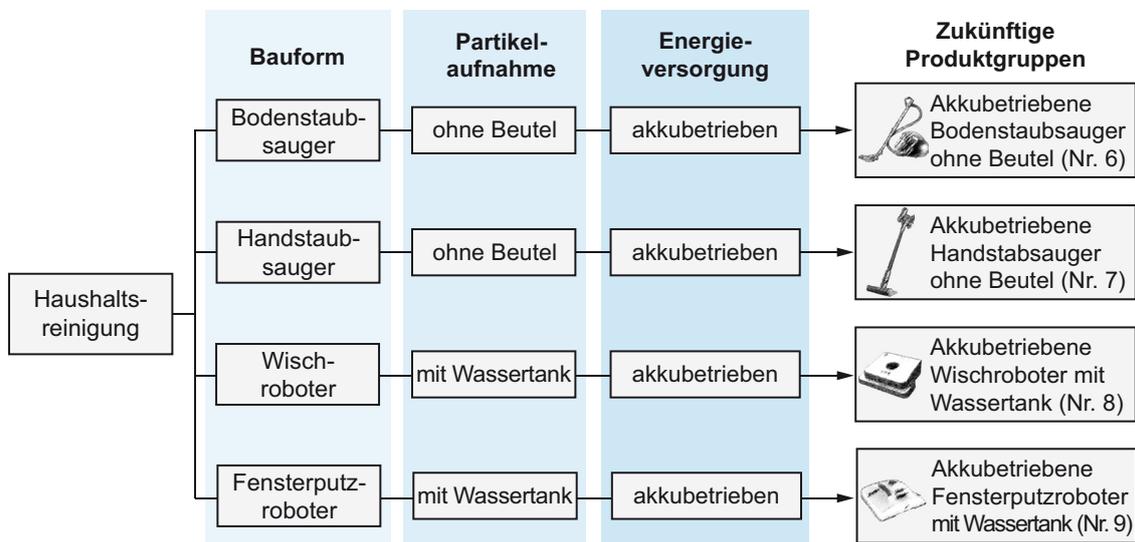


Bild 4-28: Ableitung von Programmerweiterungen auf Basis zukünftiger Merkmale und Merkmalsausprägungen dargestellt in einem Merkmalsbaum

Durch die Änderung der Programmstruktur ergibt sich auch eine neue Grundausrichtung des Produktprogramms – das Unternehmen wandelt sich vom Anbieter für Staubsauger (vgl. Bild 4-14) zum Anbieter für Geräte zur Haushaltsreinigung mit stärkerem Fokus auf das Zukunftsfeld Robotik. Da auf dem Weg in das Referenzszenario jedoch auch manuelle Staubsauger weiterhin eine wichtige Rolle spielen werden, werden auch hier Entwicklungen angestoßen. Aufgrund der Voraussage, dass manuelle Staubsauger zukünftig vermehrt zur Nachreinigung genutzt werden, stehen akkubetriebene Modelle im Mittelpunkt, die leicht und flexibel sind und daher einen höheren Bedienkomfort stiften.

Die geplanten Programmeliminierungen und -erweiterungen werden anschließend in einem **Produktprogrammplan** konsolidiert. Der Produktprogrammplan stellt die beabsichtigte Weiterentwicklung des Produktprogramms in Form einer Roadmap dar (Bild 4-29). In der Waagerechten sind die bestehenden und zukünftigen Produktgruppen aufgeführt. Dabei ist auf der Zeitachse durch den Farbverlauf angegeben, wann eine Produktgruppe abgekündigt bzw. neu in das Programm aufgenommen werden soll. Darüber hinaus wird die Evolution der einzelnen Produktgruppen vorausgeplant. Gemäß des Modells der Produktgenerationsentwicklung (PGE) nach ALBERS (vgl. Abschnitt 3.2.2.1) werden für jede Produktgruppe die zukünftig angedachten Produktgenerationen terminiert. Für die bestehenden Produktgruppen liegt eine derartige Generationsplanung im Unternehmen häufig schon vor. Diese Informationen sind an dieser Stelle zu berücksichtigen.

Aus dem Programmplan des Validierungsprojektes geht beispielsweise hervor, dass die *Produktgruppe Nr. 1 „Kabelgebundene Bodenstaubsauger mit Beutel“* noch etwa bis zum Jahr 2025 am Markt angeboten werden soll, wobei zwei neue Produktgenerationen geplant sind. Parallel wird 2022 die *Produktgruppe Nr. 6 „Akkubetriebe Bodenstaubsauger ohne Beutel“* eingeführt, die diese Produktgruppe langfristig ersetzt. Bereits Mitte 2019 soll die *Produktgruppe Nr. 7 „Akkubetriebene Handstaubsauger ohne Beutel“* ge-  
 launcht werden, um frühzeitig das hybride Saugen zu adressieren. Die *Produktgruppen Nr. 4 „Kabelgebundene Bürstsauger mit Beutel“* und *Nr. 3 „Kabelgebundene Handstaubsauger mit Beutel“* werden im Gegenzug nicht mehr bzw. nur noch eingeschränkt weiterentwickelt und ca. 2020 bzw. 2023 aus dem Programm genommen. Für die zukünftigen Produktgruppen im Bereich Robotik wurde ein Marktstart für Mitte bzw. Ende 2022 anvisiert.

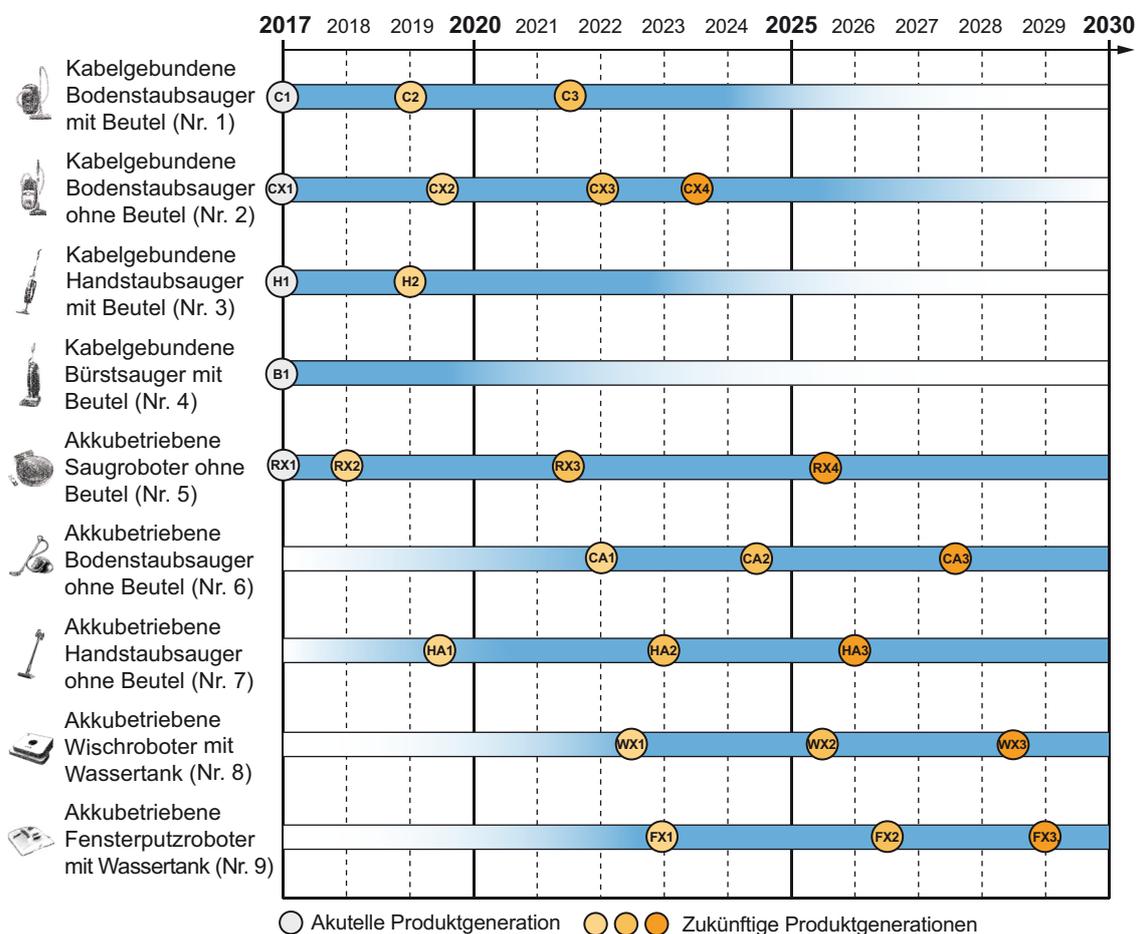


Bild 4-29: Produktprogrammplan zur Definition der zukünftigen Programmstruktur (Produktgruppen und Produktgenerationen)

#### 4.5.2.4 Formulierung einer Digitalisierungsstoßrichtung

Ausgehend von dem zuvor erstellten Produktprogrammplan wird für jede Produktgruppe eine Digitalisierungsstoßrichtung formuliert, die festlegt, auf welche Art und in welchem Umfang die Produktgruppe in welcher Produktgeneration in den Dimensionen Produkt,

Dienstleistung und Geschäftsmodell digitalisiert werden soll. Zunächst wird eine Normstrategie je Produktgruppe definiert. Im Nachgang wird die Normstrategie konkretisiert und zu einer detaillierten Digitalisierungsstoßrichtung ausgearbeitet.

### Definition der Normstrategie

Die Normstrategie wird mit Hilfe des in Bild 4-30 dargestellten Portfolios bestimmt. Das Portfolio wird durch die zwei Dimensionen Digitalisierungsbedarf der Produktgruppe und mittelfristige Bedeutung der Produktgruppe aufgespannt. Eine Kugel repräsentiert eine bestehende Produktgruppe, wobei der Kugeldurchmesser den heutigen Umsatzanteil widerspiegelt. Eine zukünftige Produktgruppe wird durch einen Stern abgebildet.

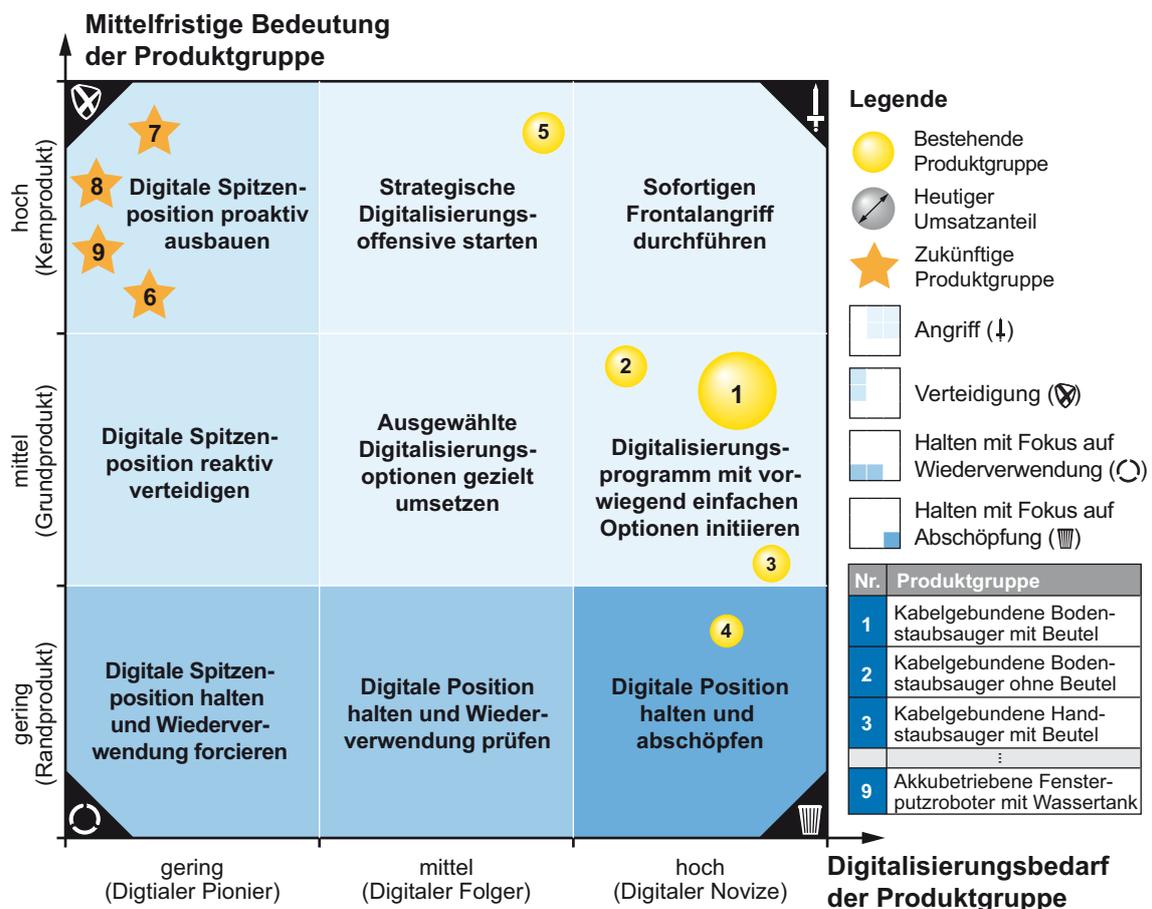


Bild 4-30: Portfolio zur Bestimmung der Normstrategie

Der **Digitalisierungsbedarf der Produktgruppe** wird aus dem in Phase 1 erstellten Digitalisierungs-Cockpit abgeleitet (vgl. Bild 4-22). Ein hoher Digitalisierungsbedarf liegt vor, wenn die Produktgruppe als *Digitaler Novize* klassifiziert wurde. Ein geringer Digitalisierungsbedarf ist dann zu verzeichnen, wenn die Produktgruppe als *Digitaler Pionier* eingestuft wurde<sup>64</sup>.

<sup>64</sup> Zur Bestimmung des Digitalisierungsbedarfs ist zunächst ein Gesamtwert aus den gruppenspezifischen Digitalisierungsgraden in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell zu bilden. Da die Digitalisierung im Validierungsbeispiel bislang ausschließlich in der Dimension Produkt stattgefunden hat, entspricht der Gesamtwert hier dem Wert in der Dimension Produkt, sodass darauf verzichtet werden kann.

Die **mittelfristige Bedeutung der Produktgruppe** wird unter Zuhilfenahme der Szenario-Roadmap und des erstellten Produktprogrammplans bewertet. Unter mittelfristig ist in diesem Zusammenhang ein Zeithorizont von 5 bis 7 Jahren zu verstehen. Die Bedeutung ist hoch, wenn davon auszugehen ist, dass die Produktgruppe zukünftig (weiterhin) einen signifikanten Beitrag zum Geschäftserfolg leisten wird (*Kernprodukt*). Eine geringe Bedeutung herrscht dann von, wenn angenommen wird, dass sich mit der Produktgruppe kein attraktives Geschäft mehr betreiben lässt (*Randprodukt*).

In dem Portfolio ergeben sich vier charakteristische Bereiche, wobei jeder Bereich **differenzierte Normstrategien** enthält:

- **Angriff:** Hat eine Produktgruppe einen hohen Digitalisierungsbedarf (*Digitaler Novize* bzw. *Digitaler Folger*) und besitzt mittelfristig eine mittlere bis hohe Bedeutung für das Geschäft (*Grundprodukt* bzw. *Kernprodukt*), sollte ein Angriff auf den Wettbewerb gestartet werden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die angestammte Marktposition über kurz oder lang verloren geht. In Abhängigkeit der konkreten Position im Portfolio werden die Normstrategien **Sofortigen Frontalangriff durchführen**, **Strategische Digitalisierungsoffensive starten**, **Ausgewählte Digitalisierungsoptionen gezielt umsetzen** und **Digitalisierungsprogramm mit vorwiegend einfachen Optionen initiieren** unterschieden. Für die *Produktgruppen Nr. 1 „Kabelgebundene Bodenstaubsauger mit Beutel“*, *Nr. 2 „Kabelgebundene Bodenstaubsauger ohne Beutel“* und *Nr. 3 „Kabelgebundene Handstaubsauger mit Beutel“* wird beispielsweise die Normstrategie *Digitalisierungsprogramm mit vorwiegend einfachen Optionen initiieren* empfohlen, um die Wettbewerbsfähigkeit in den kommenden Jahren sicherzustellen. Eine umfassende Digitalisierung wäre jedoch unter Ressourcengesichtspunkten nicht zielführend, da die Produktgruppen langfristig durch die entsprechenden zukünftigen Produktgruppen substituiert werden. Für die *Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“* wird hingegen zur Normstrategie *Strategische Digitalisierungsoffensive starten* geraten, da Saugroboter zukünftig Kernprodukte darstellen werden und daher langfristige Investitionen lohnenswert sind.
- **Verteidigung:** Produktgruppen, die bereits heute umfassend digitalisiert sind (*Digitale Pioniere*) und auch mittelfristig eine mittlere bis hohe Bedeutung für das Geschäft haben (*Grundprodukt* bzw. *Kernprodukt*), besitzen eine starke Ausgangsposition. Nichtsdestotrotz sollte sich ein Unternehmen nicht darauf ausruhen, sondern eine Verteidigung der Position vornehmen. Je nachdem, ob die Produktgruppe eine mittlere oder hohe Bedeutung für das Geschäft aufweist, werden die Normstrategien **Digitale Spitzenposition proaktiv ausbauen** und **Digitale Spitzenposition reaktiv verteidigen** voneinander abgegrenzt. Die zukünftigen *Produktgruppen Nr. 6 „Akkubetriebene Bodenstaubsauger mit Beutel“*, *Nr. 7 „Akkubetriebene Handstaubsauger ohne Beutel“*, *Nr. 8 „Akkubetriebene Wischroboter mit Wassertank“* und *Nr. 9 „Akkubetriebene Fensterputzroboter mit Wassertank“* weisen eine hohe mittelfristige Bedeutung auf und sollen bei Marktstart als Digitaler Pionier positioniert werden. Die anvisierte Spitzenposition ist dann in der Folge proaktiv auszubauen.

- **Halten mit Fokus auf Wiederverwendung:** Ist eine Produktgruppe bereits relativ stark digitalisiert (*Digitaler Pionier* bzw. *Digitaler Folger*), aber für das Geschäft mittelfristig nicht mehr von Bedeutung (*Randprodukt*), sollte die digitale Position gehalten werden, wobei bereits realisierte Digitalisierungsoptionen in andere bzw. neu geplante Produktgruppen integriert werden können. Es wird eine Unterscheidung zwischen den Normstrategien **Digitale Spitzenposition halten und Wiederverwendung forcieren** und **Digitale Position halten und Wiederverwendung prüfen** getroffen.
- **Halten mit Fokus auf Abschöpfung:** Weist eine Produktgruppe einen hohen Digitalisierungsbedarf auf (*Digitale Novizer*) und besitzt mittelfristig nur noch eine geringe Bedeutung für das Geschäft (*Randprodukt*), sollte die digitale Position gehalten und die Produktgruppe bestmöglich „geerntet“ werden. Entsprechend lautet die Normstrategie **Digitale Position halten und abschöpfen**. Dies trifft auf die *Produktgruppe Nr. 4* „Kabelgebundene Bürstsauger mit Beutel“ zu.

### Ausarbeitung der Digitalisierungsstoßrichtung je Produktgruppe

Die Normstrategie liefert eine generische Handlungsempfehlung, wie mit einer Produktgruppe zu verfahren ist. Diese Handlungsempfehlung wird im Folgenden für jede Produktgruppe konkretisiert und zu einer detaillierten Digitalisierungsstoßrichtung ausgearbeitet. Bild 4-31 zeigt exemplarisch die Digitalisierungsstoßrichtung für die *Produktgruppe Nr. 5* „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“.

Zunächst werden **Chancen** und **Risiken** ermittelt, die sich in Bezug auf die Digitalisierung einer Produktgruppe ergeben. Die Chancen und Risiken dienen zur Absicherung der Normstrategie sowie als Grundlage für die weitere Konkretisierung der Ausrichtung. Im Fall der Saugroboter besteht eine wesentliche Chance u.a. darin, dass sich die Produktgruppe aufgrund der Innovationsstrahlkraft autonomer Systeme in besonderem Maße als Träger digitaler Innovationen eignet. Durch die Vernetzung von Saugrobotern mit manuellen Staubsaugern (hybrides Saugen) ergeben sich darüber hinaus Cross-Selling-Potentiale, sodass das hohe Wachstumspotential der Produktgruppe auch zur Absatzförderung der übrigen Produktgruppen genutzt werden kann. Ein ernsthaftes Risiko resultiert u.a. aus der hohen Innovations- und Wettbewerbsdynamik. Ist das Unternehmen bei der Digitalisierung zu langsam, droht der Verlust der angestammten Position als Premiumanbieter.

Vor dem Hintergrund der Chancen und Risiken und der Normstrategie werden anschließend **strategische Ziele** für die im Produktprogrammplan terminierten Produktgenerationen definiert (vgl. Bild 4-29). Im Sinne der geplanten Digitalisierungsoffensive soll mit der nächsten Saugrobotergeneration (RX2) zuerst die Lücke zum Wettbewerb geschlossen werden, indem marktübliche Features mit verbesserter Qualität angeboten werden (vgl. Abschnitte 4.5.1.3 und 4.5.1.4). Für die übernächste Generation (RX3) wird ein Aufstieg zum digitalen Pionier anvisiert, wobei der Fokus auf innovative digitale Features und Services gelegt werden soll. Die darauf folgende Produktgeneration (RX4) soll über vollständige Autonomie verfügen und vollständig in das Smart Home integriert sein. Darüber hinaus soll rund um die Produktgruppe Saugroboter ein Robotik-Ökosystem geschaffen werden.

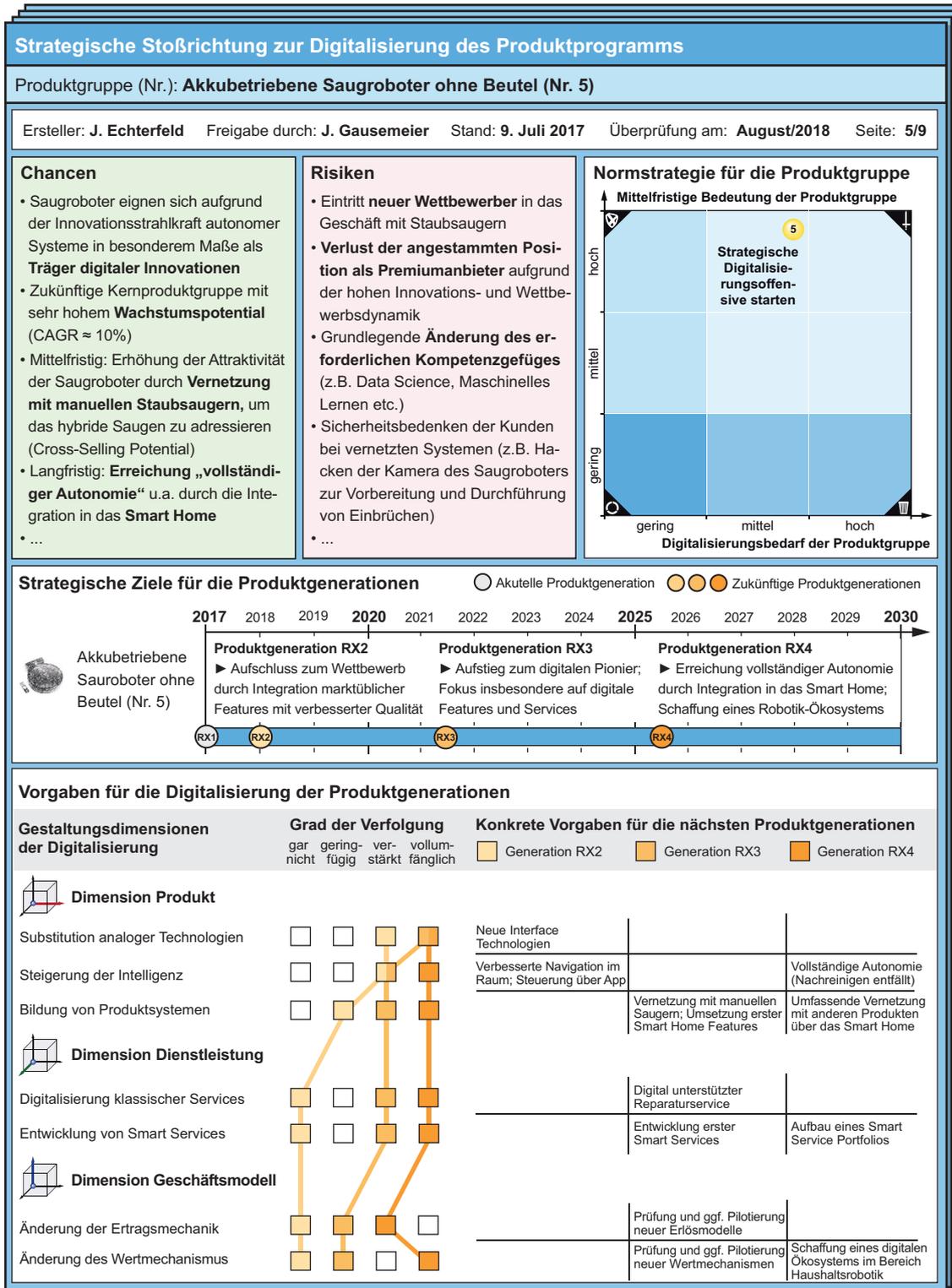


Bild 4-31: Digitalisierungsstoßrichtung für die Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“ in Anlehnung an [EG18c, S. 70]

Um die strategischen Ziele zu erreichen, werden konkrete **Vorgaben für die Digitalisierung der Produktgenerationen** gemacht, sofern dies aus heutiger Sicht möglich ist. Die Vorgaben sind entlang der drei Gestaltungsdimensionen der Digitalisierung sowie der

zugehörigen Kategorien der Innovationsprinzipien gegliedert (vgl. Abschnitt 4.3). Der Grad der Verfolgung legt fest, wie stark eine Dimension bzw. Kategorie in einer Produktgeneration adressiert werden soll. Dabei ist es grundsätzlich auch möglich, bestimmte Dimensionen vollständig auszuschließen. Dies sollte jedoch nur dann erfolgen, wenn vor dem Hintergrund des digitalen Zukunftsbilds davon auszugehen ist, dass die Dimensionen zukünftig unbedeutend sind. Im Validierungsprojekt wurde festgelegt, dass sich die Digitalisierungsaktivitäten für die nächste Saugrobotergeneration (RX2) auf die Dimension Produkt konzentrieren sollen. Hier sind neue Interface Technologien, eine verbesserte Navigation im Raum sowie eine Steuerung des Roboters über eine App geplant. Im Rahmen der übernächsten Produktgeneration (RX3) ist in der Dimension Produkt die Vernetzung mit manuellen Saugern angedacht. Zusätzlich sollen erste Smart Home-Features umgesetzt werden. In der Dimension Dienstleistung soll ein digital unterstützter Reparaturservice umgesetzt und erste Smart Services entwickelt werden. Im Bereich Geschäftsmodell sind neue Erlösmodelle und Wertmechanismen zu prüfen und ggf. zu pilotieren. In der sich anschließenden Produktgeneration (RX4) soll der Saugroboter vollautonom arbeiten, sodass keine Nachreinigung durch den Nutzer mehr erforderlich ist – dies schließt z.B. das eigenständige Öffnen und Schließen von Türen ein. Dazu ist eine umfassende Vernetzung mit anderen Produkten über das Smart Home zu realisieren. Darüber hinaus soll ein Smart Service Portfolio aufgebaut werden und ein digitales Ökosystem im Bereich Haushaltsrobotik rund um die Produktgruppe geschaffen werden. Für die übrigen acht Produktgruppen wird analog verfahren.

### 4.5.3 Ideenfindung

Ziel der dritten Phase sind Erfolg versprechende Ideen zur Digitalisierung der Produktgruppen gemäß der zuvor formulierten Digitalisierungsstoßrichtungen. Dabei ist sicherzustellen, dass die Ideen einen konkreten Nutzen für den Kunden stiften – die Digitalisierung darf nicht zum Selbstzweck erfolgen. Aus diesem Grund werden in Anlehnung an das Vorgehen nach OSTERWALDER ET AL. (vgl. Abschnitt 3.4.2.2) zunächst die Kundenaufgaben bestimmt (Abschnitt 4.5.3.1). Ausgehend von den Kundenaufgaben werden anschließend Kundenprobleme und -gewinne abgeleitet (Abschnitt 4.5.3.2). Durch den Abgleich der Kundenprobleme und -gewinne mit den Innovationsprinzipien der Digitalisierung werden im Nachgang Digitalisierungsoptionen ermittelt (Abschnitt 4.5.3.3). Im letzten Schritt wird eine Bewertung und Auswahl der Optionen vorgenommen /Abschnitt 4.5.3.4).

#### 4.5.3.1 Bestimmung der Kundenaufgaben

Kundenaufgaben beschreiben nach OSTERWALDER ET AL. Aufgaben, die Kunden zu lösen versuchen und zu deren Lösung sie die vom Unternehmen angebotenen Produkte einsetzen [OPB+15, S. 9]. Im Rahmen der Systematik werden darunter alle Tätigkeiten verstanden, die für die Kunden im Zusammenhang mit dem Produkt anfallen. Die Gesamtheit der Tätigkeiten lässt sich auf einer Makroebene in Anlehnung an den *Customer Activity Cycle* nach VANDERMERWE durch die drei übergeordneten Phasen „*vor der Produktnutzung*“

(Pre), „während der Produktnutzung“ (During) und „nach der Produktnutzung“ (After) charakterisieren, wobei jede der drei Phasen wiederum untergeordnete Aktivitäten umfasst (Bild 4-32) [Van93, S. 51ff.], [Leh16, S. 114f.]. Anhand des Phasenmodells wird zunächst festgelegt, ob die Kundenaufgaben in allen Phasen untersucht werden sollen oder ob eine Fokussierung auf einzelne Phasen erfolgen soll. Im Validierungsprojekt wurde der Fokus auf die Aktivitäten während der Produktnutzung gelegt.

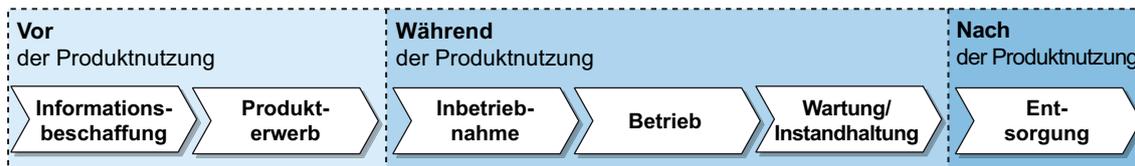


Bild 4-32: Phasen des Customer Activity Cycle nach [Van93, S. 51ff.], [Leh16, S. 114]

Im Anschluss werden die konkreten Kundenaufgaben in dem gewählten Betrachtungsbereich ermittelt und mit Hilfe der Modellierungssprache OMEGA dokumentiert. OMEGA ermöglicht es, Prozesse übersichtlich und intuitiv verständlich darzustellen<sup>65</sup>. Bild 4-33 zeigt einen Ausschnitt der dokumentierten Kundenaufgaben für das manuelle Staubsaugen<sup>66</sup>. Beispiele für Kundenaufgaben sind u.a. „Bodendüse auswählen“, „Saugleistung einstellen“ oder „Kabel nachziehen“.

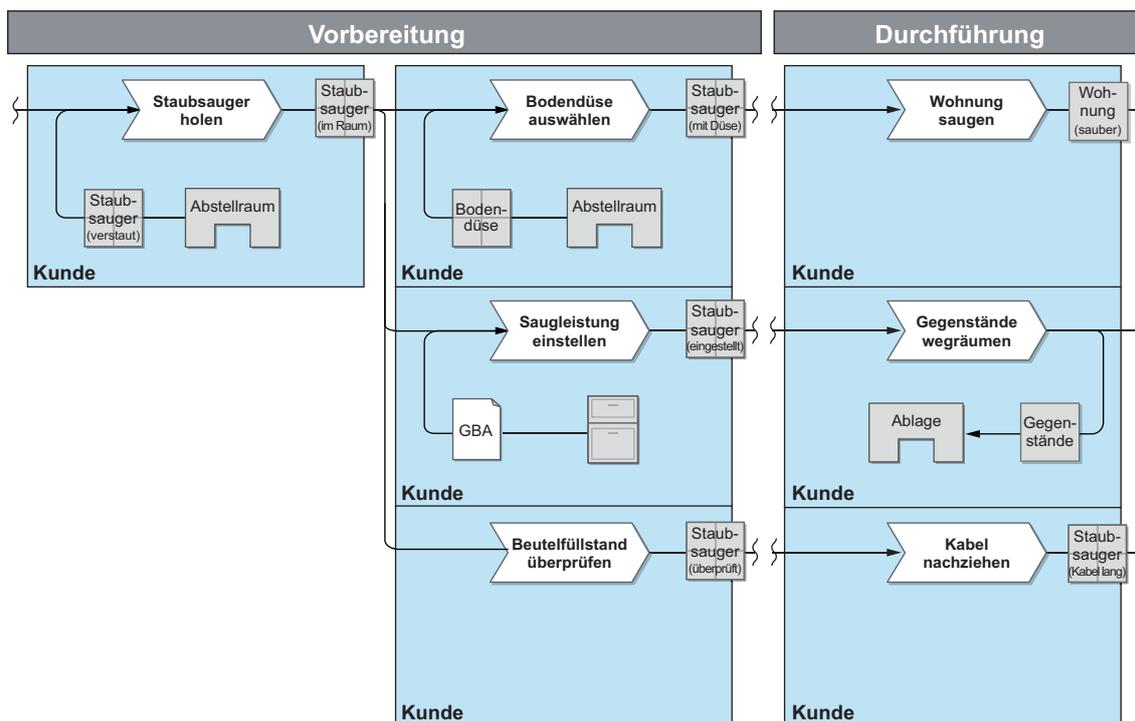


Bild 4-33: Kundenaufgaben für das manuelle Staubsaugen (Ausschnitt) modelliert mit der Modellierungssprache OMEGA [EG18c, S. 71]

<sup>65</sup> Für eine ausführliche Erläuterung der Modellierungssprache OMEGA (Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse) sei auf [GP14, S. 254ff.] verwiesen.

<sup>66</sup> Je nach Produktgruppe können die Kundenaufgaben mitunter voneinander abweichen. Beispielsweise unterscheiden sich die Prozesse für das manuelle Staubsaugen und das Staubsaugen durch einen Saugroboter. In diesem Fall sind für jede Produktgruppe separate Prozessmodelle zu erstellen.

#### 4.5.3.2 Analyse von Kundenproblemen und -gewinnen

Ausgehend von den ermittelten Kundenaufgaben werden Kundenprobleme und -gewinne analysiert. Bei **Kundenproblemen** handelt es sich um alle Aspekte, die den Kunden bekümmern oder stören – das können schlechte Ergebnisse, Risiken oder Hindernisse sein, die mit den Aufgaben im Zusammenhang stehen. **Kundengewinne** adressieren solche Punkte, die den Kunden zufrieden stellen und glücklich stimmen – im Wesentlichen sind dies positive Resultate und wahrnehmbare Vorteile [OPB+15, S. 9]. Zur besseren Unterscheidung<sup>67</sup> werden Kundenprobleme im Rahmen der Systematik vorwiegend als gegenwärtige, artikulierte Bedürfnisse nach HAMEL und PRAHALAD aufgefasst; Kundengewinne werden hingegen als zukünftige, unartikulierte Bedürfnisse verstanden [HP97], [GDE+19, S. 99].

Zur **Analyse von Kundenproblemen** werden Kundenbeobachtungen und -befragungen<sup>68</sup> entlang der zuvor ermittelten Kundenaufgaben durchgeführt. Die identifizierten Probleme werden anschließend in einer Problemhierarchie systematisiert, wie sie Bild 4-34 ausschnittsweise zeigt. Dazu wird das übergeordnete Gesamtproblem bestimmt und in Teilprobleme dekomponiert. In der Leserichtung von oben nach unten zeigt die Problemhierarchie dabei die Ursache eines Problems; in der umgekehrten Richtung beschreibt sie dessen Folge.

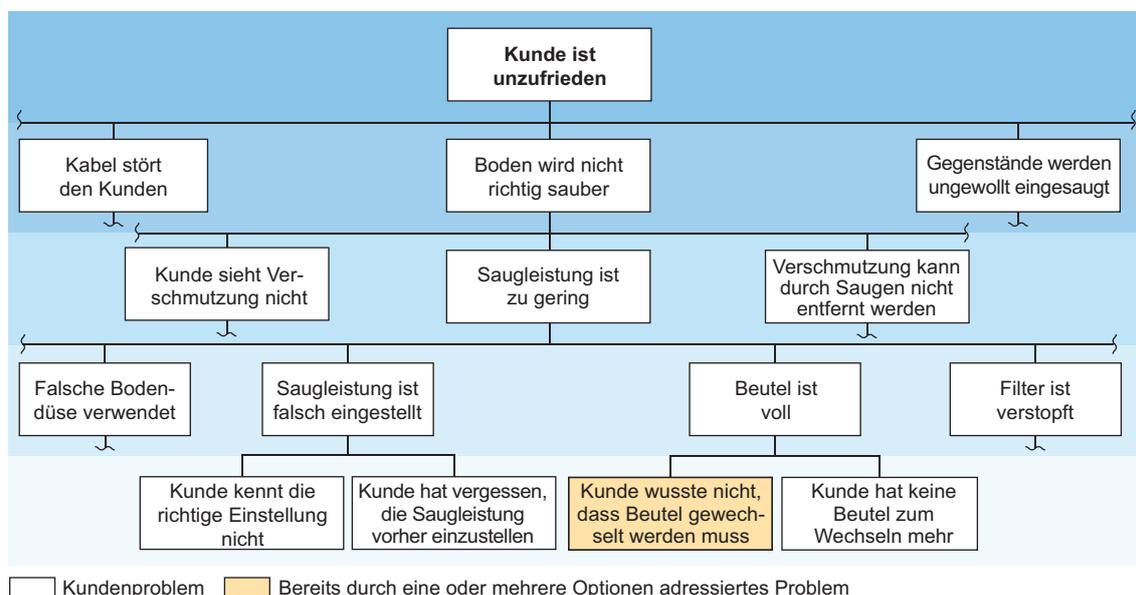


Bild 4-34: Problemhierarchie zur Analyse von Kundenproblemen (Auszug) [EG18c, S. 72]

Im Validierungsprojekt wurde das Gesamtproblem „Kunde ist unzufrieden“ formuliert. Eine Ursache hierfür ist das Teilproblem „Boden wird nicht richtig“ sauber, was u.a. daran liegen kann, dass die „Saugleistung zu gering ist“. Der Grund dafür könnte wiederum sein,

<sup>67</sup> Bei Anwendung der Value Proposition Canvas wird häufig kritisiert, dass Kundenprobleme und -gewinne lediglich zwei Seiten einer Medaille seien, d.h. Kundengewinne seien gelöste Kundenprobleme.

<sup>68</sup> Eine Übersicht gängiger Methoden der Kundenbeobachtung und -befragung findet sich u.a. bei [GDE+19, S. 103ff.].

dass die „Saugleistung falsch eingestellt ist“, weil der „Kunde die richtige Einstellung nicht kennt“. Probleme, die bereits durch eine oder mehrere realisierte Digitalisierungsoptionen gelöst wurden, werden farblich markiert. Beispielsweise besitzen die manuellen Staubsauger bereits eine digitale Füllstandanzeige, die dem Kunden signalisiert, dass der Beutel gewechselt werden muss (dieses Feature wurde in Phase 1 aufgenommen und beschrieben).

Zur Analyse von **Kundengewinnen** werden das digitale Referenzszenario und die zugehörigen Migrationsschritte herangezogen (Phase 2)<sup>69</sup>. Ausgehend von der charakterisierten Zukunftssituation wird die Frage gestellt: „Welche Bedürfnisse haben die Kunden in dem beschriebenen Zukunftsbild?“ Die ermittelten Kundengewinne werden analog zu den Kundenproblemen in einer Gewinnhierarchie systematisiert (Bild 4-35). Der Gesamtgewinn lautet in diesem Fall „Kunde ist begeistert“. Ein Grund hierfür ist beispielsweise der Teilgewinn „Kunde spart Zeit“. Dieser wurde aus der Projektion „Akute Zeitknappheit“ des Schlüsselfaktors Nr. 2 „Zeit für Haushaltsaufgaben“ abgeleitet (vgl. Abschnitt 4.5.2.1), die besagt, dass die Menschen aufgrund ihrer Berufstätigkeit und ihrem Familienleben in ihrer Zeit zukünftig stark eingeschränkt sind. Eine Zeitersparnis lässt sich u.a. dadurch erreichen, dass der „Saugprozess verkürzt wird“, indem die „Kundenaufgaben reduziert werden“ oder der „Saugprozess gänzlich entfällt“. Bereits adressierte Gewinne werden erneut farblich markiert. Der Entfall des Saugprozesses wird heute z.B. schon durch den „Auto Mode“ des Saugroboters teilweise ermöglicht (vgl. Bild 4-15).

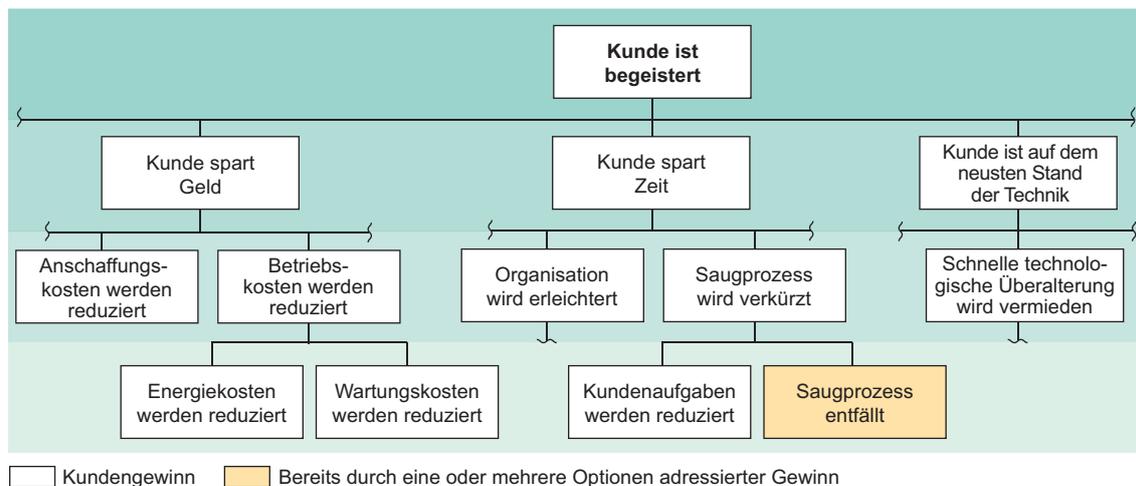


Bild 4-35: Gewinnhierarchie zur Analyse von Kundengewinnen (Auszug)

### 4.5.3.3 Ermittlung von Digitalisierungsoptionen

Im Rahmen dieser Aufgabe werden Optionen zur Digitalisierung der Produktgruppen ermittelt. Bei den Optionen kann es sich prinzipiell um digitale Produktfeatures, digitale

<sup>69</sup> Durch die Ableitung der Kundengewinne aus dem Zukunftsszenario wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die klassischen Methoden der Kundenbeobachtung und -befragung bei der Analyse von Kundengewinnen in der Regel versagen, weil sich der Kunde in der Gegenwart bewegt und sich nicht mit den möglichen Lösungen von morgen befasst [GDE+19, S. 99].

Services und/oder digitale Geschäftsmodelle handeln, die die Kundenprobleme lösen bzw. Kundengewinne realisieren. Grundlage für die Optionsermittlung sind die in der Programmausrichtung getätigten Vorgaben für eine Produktgruppe – sie legen die Rahmenbedingungen fest: Hat ein Unternehmen hier bestimmte Gestaltungsdimensionen oder zugehörige Kategorien ausgeschlossen, werden in diesen Bereichen keine Digitalisierungsoptionen gesucht (vgl. Bild 4-31).

Zur Ermittlung von Digitalisierungsoptionen werden die **Innovationsprinzipien der Digitalisierung** eingesetzt (vgl. Abschnitt 4.3)<sup>70</sup>. Dabei sind solche Prinzipien auszuwählen, die den gemachten Vorgaben in Bezug auf die Gestaltungsdimensionen und Kategorien entsprechen. In Anlehnung an GASSMANN ET AL. werden zwei Arten unterschieden, nach denen die Prinzipien angewendet werden können<sup>71</sup>: die Problem- bzw. Gewinn-induzierte Suche und die Prinzip-induzierte Suche.

### Problem- bzw. Gewinn-induzierte Suche

Bei diesem Ansatz werden zu den identifizierten Kundenproblemen und -gewinnen geeignete Innovationsprinzipien zu deren Lösung bzw. Realisierung gesucht. Bild 4-36 zeigt beispielhaft die Anwendung eines Innovationsprinzips zur Generierung einer Idee für ein *digitales Produktfeature* (Dimension Produkt). Das zugrunde liegende Problem besteht darin, dass der Boden nicht optimal gereinigt wird, weil die Saugleistung falsch eingestellt ist (vgl. Bild 4-34).

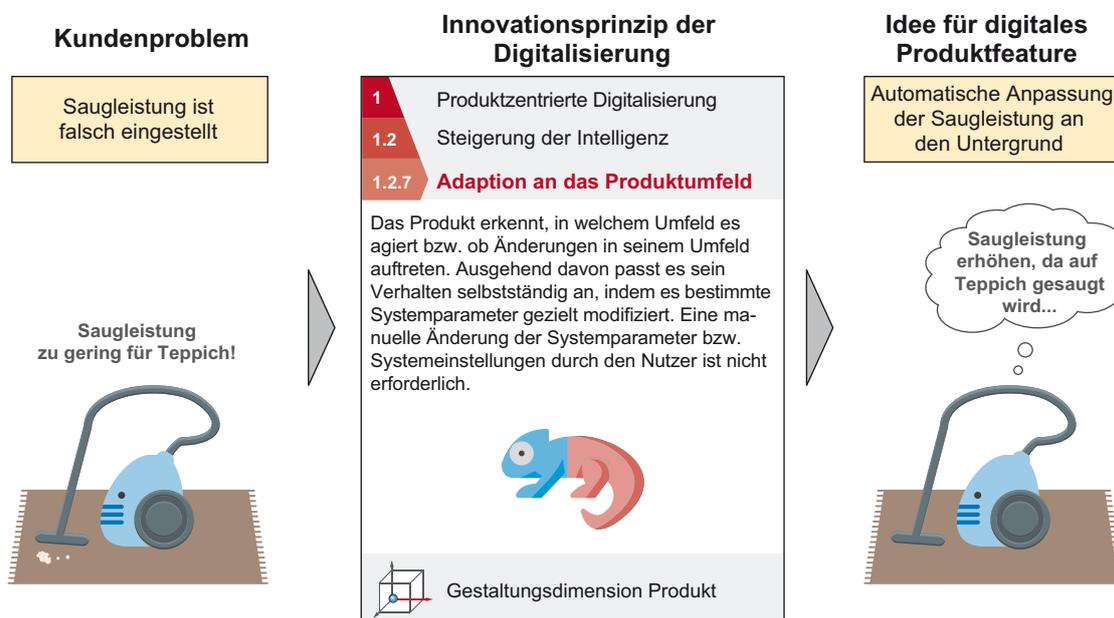


Bild 4-36: Beispiel für die Problem- bzw. Gewinn-induzierte Suche, Dimension Produkt

<sup>70</sup> Unterstützend können an dieser Stelle weitere Methoden zur Ideenfindung eingesetzt werden. Im Rahmen der Systematik empfehlen sich beispielsweise Kreativitätstechniken wie Brainstorming oder Design Thinking, um weitere Ideen für Digitalisierungsoptionen zu generieren. Eine umfassende Übersicht über gängige Kreativitätstechniken findet sich u.a. bei [GDE+19, S. 184ff.].

<sup>71</sup> GASSMANN ET AL. unterscheiden bei der Anwendung von Geschäftsmodellmustern das sog. Ähnlichkeits- und das Konfrontationsprinzip (vgl. Abschnitt 3.3.2) [GFC13, S. 35ff.].

Ein geeignetes Innovationsprinzip, um diesem Problem zu begegnen, ist das Prinzip Nr. 1.2.5. Laut diesem Prinzip erkennt das Produkt, in welchem Umfeld es agiert bzw. ob Änderungen in seinem Umfeld auftreten, und passt sein Verhalten selbstständig darauf an (vgl. Bild 4-5). Übertragen auf den Anwendungsfall des Staubsaugers könnte dies bedeuten, dass das Gerät die Beschaffenheit des Untergrundes erkennt und die Saugleistung automatisch adaptiert.

In Bild 4-37 ist ein Beispiel für die Generierung einer *digitalen Serviceidee* (Dimension Dienstleistung) dargestellt. Hier ist das Problem darin begründet, dass die Saugleistung aufgrund eines vollen Beutels abfällt, der Kunde jedoch keine neuen Beutel zum Wechseln auf Vorrat hat (vgl. Bild 4-34). Ein passendes Innovationsprinzip ist das Prinzip Nr. 2.1.3, das eine automatische Nachbestellung von Verbrauchsmaterial vorsieht. Entsprechend des Prinzips wurde die Idee generiert, dass der Staubsauger die Anzahl vorrätiger Beutel im Haushalt sowie den Füllstand des aktuell integrierten Beutels zu jeder Zeit kennt und bei Bedarf eigenständig neue Beutel beim Unternehmen bestellt.



Bild 4-37: Beispiel für die Problem- und Gewinn-induzierte Suche, Dimension Dienstleistung

### Prinzip-induzierte Suche

Bei diesem Ansatz werden ausgehend von den Innovationsprinzipien Ideen für Digitalisierungsoptionen generiert, die ein Kundenproblem oder einen Kundengewinn adressieren. Bild 4-38 verdeutlicht diese Art der Suche für ein *digitales Produktfeature* (Dimension Produkt). Den Ausgangspunkt bildet das Innovationsprinzip Nr. 1.2.4 „*Eliminierung von Störgrößen*“. Gemäß dieses Prinzips erkennt ein Produkt etwaige Störgrößen und passt sein Verhalten so darauf an, dass die Störgrößen eliminiert oder reduziert werden. Auf diese Weise wurde im Validierungsprojekt die Idee entwickelt, dass der Staubsauger sich automatisch abschaltet, wenn das Handy klingelt. Dadurch wird das Problem gelöst, dass aufgrund des erzeugten Lärms etwaige Umgebungsgeräusche übertönt werden, so dass der Nutzer das Klingeln des Handys nicht hört.

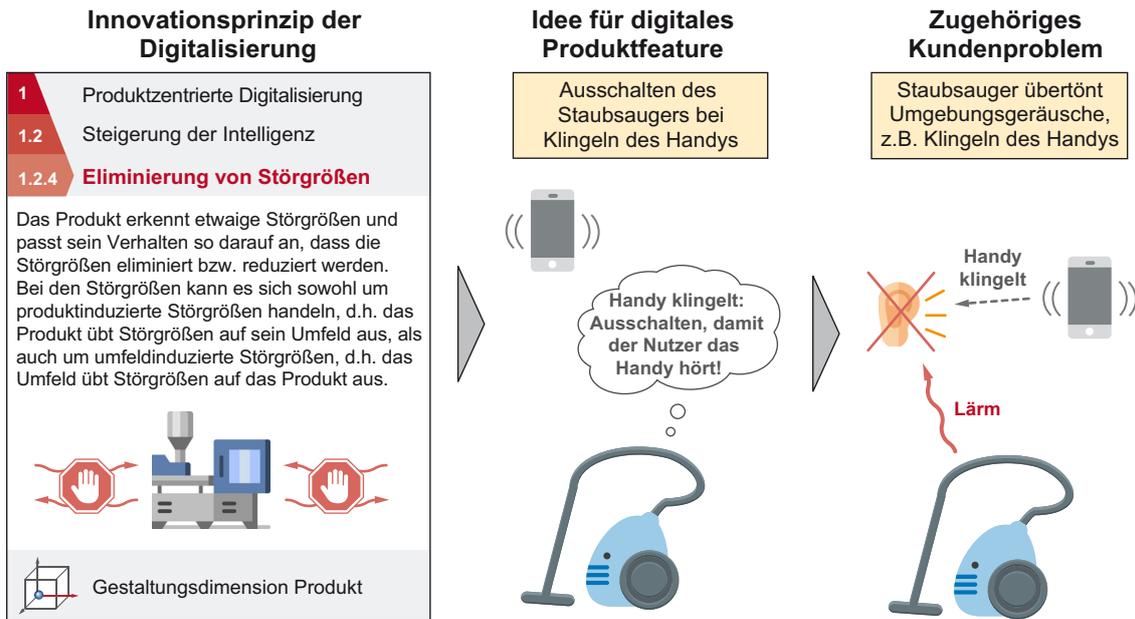


Bild 4-38: Beispiel für die Prinzip-induzierte Suche, Dimension Produkt

Bild 4-39 zeigt eine Idee für ein *digitales Geschäftsmodell* (Dimension Geschäftsmodell), die auf dem Innovationsprinzip Nr. 3.1.3 „Flatrate-basierte Abrechnung“ beruht. Das Prinzip besagt, dass dem Kunden die unbegrenzte Nutzung eines Produkts gegen die regelmäßige Zahlung einer Gebühr angeboten wird. Die zugehörige Geschäftsmodellidee sieht das Angebot einer Saugflatrate vor, bei der der Kunde eine monatliche Gebühr für den Saugroboter bezahlt. Im Gegenzug wird ihm stets die neueste Produktgeneration zur Verfügung gestellt, wobei auf Basis der Produktdaten (Tägliche Nutzungsdauer, Größe der Wohnung etc.) ein für ihn optimales Modell ausgewählt wird (Akkulaufzeit, Saugleistung etc.). Der damit verbundene Gewinn besteht in der Vermeidung von schneller technologischer Überalterung infolge rascher Fortschritte im Bereich Robotik sowie einer optimalen Produktauswahl.

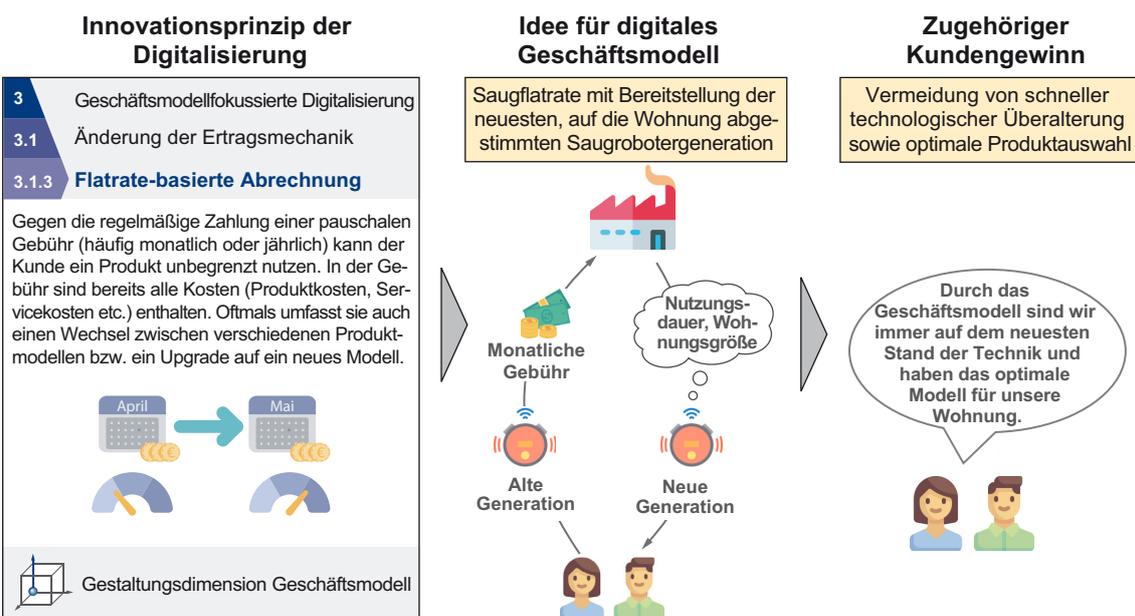


Bild 4-39: Beispiel für die Prinzip-induzierte Suche, Dimension Geschäftsmodell

Im Validierungsprojekt wurden auf diese Weise ca. 100 Optionen zur Digitalisierung der Produktgruppen ermittelt. Die Optionen werden in einer **Ideenliste** konsolidiert, wie sie Bild 4-40 ausschnittsweise zeigt. Dabei wird für alle Optionen vermerkt, ob sie ein Problem oder Gewinn adressieren und welcher Kategorie sie angehören.

Nr.	Digitalisierungsoption	Typ	Kategorie
 <b>Ideen für digitale Produktfeatures</b>			
1	Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund	Problem	Intelligenz
2	Vermeidung des Einsaugens ungewollter Gegenstände	Problem	Intelligenz
3	Ausschalten des Staubsaugers bei Klingeln des Handys	Problem	Intelligenz, Produktsystem
4	Erweiterung des Sichtfelds durch eine Kamera an der Bodendüse	Problem	Substitution
...			
74	Digitale Filterwechsel- und Reinigungsanzeige	Gewinn	Substitution
 <b>Ideen für digitale Services</b>			
75	Automatische Nachbestellung von Beuteln	Problem	Klassischer Service
76	Reparaturservice über Service-App	Problem	Klassischer Service
...			
90	Staubanalyse inkl. Unterbreitung von Handlungsempfehlungen	Gewinn	Smart Service
 <b>Ideen für digitale Geschäftsmodelle</b>			
91	Saugfltrate mit Bereitstellung der neuesten, optimalen Saugrobotergeneration	Gewinn	Ertragsmechanik
92	Verkauf digitaler Services über eine digitale Plattform	Gewinn	Wertmechanismus
...			
101	Zertifizierter Reinigungsservice über Service-App	Gewinn	Wertmechanismus

Bild 4-40: Liste mit Digitalisierungsoptionen

Darüber hinaus wird jede Digitalisierungsoption durch einen **Steckbrief** charakterisiert. Dieser ähnelt dem Steckbrief aus Phase 1 (vgl. Bild 4-16), sodass eine Vergleichbarkeit der bereits realisierten und potentiellen zukünftigen Digitalisierungsoptionen gegeben ist. Er enthält neben einer Beschreibung der Digitalisierungsoption und des adressierten Problems bzw. Gewinns auch ein Umsetzungskonzept für die Option. In Bild 4-41 ist exemplarisch der Steckbrief für das digitale Produktfeature Nr. 1 „Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund“ dargestellt. In diesem Fall erkennt der Staubsauger mit Hilfe eines Ultraschallsensors, um welchen Bodentyp es sich handelt. In Abhängigkeit des Bodentyps werden die Saugkraft, die Drehzahl der Bürsten und die Position der Dichtungslippe automatisch angepasst, sodass der Nutzer mehrere Bodenbeläge in einem Stück saugen kann. In Anhang A2.6 sind darüber hinaus Steckbriefe für den digitalen Service Nr. 75 „Automatische Nachbestellung von Beuteln“ und das digitale Geschäftsmodell Nr. 91 „Saugfltrate mit Bereitstellung der neuesten, optimalen Saugrobotergeneration“ abgebildet.

Digitalisierungsoption			
Bezeichnung (Nr.)	Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund (Nr. 1)		
Art der Option	<b>Digitales Produktfeature</b>	Kategorie	<b>Steigerung der Intelligenz</b>
<b>Beschreibung</b> Der Staubsauger erkennt mit Hilfe eines Ultraschallsensors, um welchen Bodentyp es sich handelt (Fliesen, Teppich, Parkett etc.). In Abhängigkeit des Bodentyps werden das Drehmoment des Gebläses (Saugkraft), das Drehmoment der Bürste und die Position der Dichtungslippe automatisch angepasst. Auf diese Weise kann der Nutzer verschiedene Bodenbeläge in einem Stück saugen, ohne Einstellungen manuell ändern zu müssen.		<b>Adressiertes Problem</b> Das Feature löst das Problem, dass der Nutzer die Saugleistung falsch eingestellt hat, weil er die richtige Einstellung nicht kennt oder vergessen hat, sie vorzunehmen.	
<b>Featurekonzept (vereinfacht)</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 80%;"> <p>The diagram shows a vacuum cleaner (Staubsauger) with components: Gebläse (Motor), Steuerung (Control), Bürste (Brush), and Dichtungslippe (Sealing lip). The motor provides power (M<sub>Gebläse</sub>) to the control unit, which provides power (M<sub>Bürste</sub>) to the brush. The control unit receives a position signal from the sealing lip. The control unit sends a sensor signal to the Ultraschallsensor (Ultrasonic sensor). The sensor sends reflected sound waves (Reflektierte Schallwellen) to the floor (Untergrund) and receives sound waves (Schallwellen) back from the floor.</p> </div> <div style="width: 15%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>Legende</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; background-color: #e6f2ff; margin-right: 5px;"></span> Systemelement</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; background-color: #fff9c4; margin-right: 5px;"></span> Umfild-element</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Energiefluss</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span> Signalfluss</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 3px double black; margin-right: 5px;"></span> Stofffluss</li> </ul> </div> </div>			
<b>Kategorie</b> <input checked="" type="checkbox"/> Adaptivität <input type="checkbox"/> Benutzungsfreundlichkeit <input type="checkbox"/> Vorausschau <input type="checkbox"/> Robustheit <input type="checkbox"/> Vernetzung <input type="checkbox"/> Autonomie <input type="checkbox"/> Erweiterbarkeit <input type="checkbox"/> Multifunktionalität			
<b>Relevant für folgende Produktgruppen:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 1 <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 2 <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 3 <input type="checkbox"/> Nr. 4 <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 5 <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 6 <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 7 <input type="checkbox"/> Nr. 8 <input type="checkbox"/> Nr. 9			

Bild 4-41: Steckbrief zur Charakterisierung der Digitalisierungsoptionen, Dimension Produkt

#### 4.5.3.4 Bewertung und Auswahl der Digitalisierungsoptionen

Gegenstand dieser Aufgabe ist die Bewertung und Auswahl der Digitalisierungsoptionen. Aus der Menge aller ermittelten Optionen gilt es diejenigen zu selektieren, die Erfolg versprechend sind und sich für die Umsetzung empfehlen. Die Bewertung und Auswahl erfolgt mit Hilfe eines Portfolios, das durch die zwei Dimensionen Aufwand und Nutzen aufgespannt wird [EG18c, S. 73f.]. Das Portfolio liefert Handlungsempfehlungen, wie mit einer Digitalisierungsoption zu verfahren ist.

Anhand der Dimension **Aufwand** wird untersucht, wie schwierig die Umsetzung einer Digitalisierungsoption aus Sicht des eigenen Unternehmens ist. Zur Bewertung des Aufwands werden die Kriterien **Entwicklungs-/ Investitionskosten** (Wie hoch sind die Entwicklungs- bzw. Investitionskosten für die Option?), **Herstell-/ Betriebskosten** (Wie hoch sind die Herstell- bzw. Betriebskosten für die Option?) sowie **Time-to-Market** (Wie viel Zeit wird von der Produktentwicklung bis zur Markteinführung benötigt?)<sup>72</sup> herangezogen. Die Kriterien werden unternehmensspezifisch gewichtet und fließen gemäß

<sup>72</sup> Die Entwicklungs- und Herstellkosten beziehen sich vorrangig auf die Dimension Produkt, die Investitions- und Betriebskosten auf die Dimensionen Dienstleistung und Geschäftsmodell.

Bild 4-42 in eine Nutzwertanalyse ein, die einen dimensionslosen Wert für den Aufwand einer jeden Digitalisierungsoption liefert. Ein hoher Wert entspricht dabei einem geringen Aufwand; ein niedriger Wert deutet auf einen hohen Aufwand hin. Beispielsweise ist das digitale Produktfeature Nr. 1 „Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund“ vergleichsweise einfach umzusetzen. Es wird geschätzt, dass die Entwicklungs- bzw. Investitionskosten im Durchschnitt und die Herstell- bzw. Betriebskosten unter den durchschnittlichen Kosten liegen. Ein Time-to-Market lässt sich innerhalb eines Jahres realisieren. Demgegenüber ist das digitale Geschäftsmodell Nr. 101 „Zertifizierter Reinigungsservice über Service-App“ mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Die Kosten liegen hier weit über den durchschnittlichen Kosten und ein Time-to-Market ist mit ca. 4 Jahren relativ lang.

Aufwand der Digitalisierungsoptionen  Fragestellung: Welche Bewertung erzielt die Digitalisierungsoption i (Spalte) bezüglich des Kriteriums k (Zeile)?	Digitalisierungsoption	1) Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund				2) Vermeidung des Einsatzes ungewollter Gegenstände				75) Automatische Nachbestellung von Beuteln		76) Reparatur-service über Service-App		101) Zertifizierter Reinigungsservice über Service-App	
		B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG		
<b>Bewertungskriterium</b>	G	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG		
<b>Entwicklungs-/ Investitionskosten</b> 3 = unter den durchschnittlichen EK/ IK 2 = im Durchschnitt der EK/ IK 1 = über den durchschnittlichen EK/ IK 0 = weit über den durchschnittlichen EK/ IK	40	2	0,8	1	0,4	2	0,8	2	0,8	0	0	0	0		
<b>Herstell-/ Betriebskosten</b> 3 = unter den durchschnittlichen HK/ BK 2 = im Durchschnitt der HK/ BK 1 = über den durchschnittlichen HK/ BK 0 = weit über den durchschnittlichen HK/ BK	40	3	1,2	2	0,8	2	0,8	3	1,2	0	0	0	0		
<b>Time-to-Market</b> 3 = sehr kurz (< 1 Jahr) 2 = kurz (< 2 Jahre) 1 = lange (< 4 Jahre) 0 = sehr lange (> 4 Jahre)	20	3	0,6	2	0,4	3	0,6	2	0,6	1	0,2	1	0,2		
B: Bewertung, G: Gewichtung	100	2,6		1,8		2,2		2,6		0,2		0,2			

Bild 4-42: Ermittlung des Aufwands der Digitalisierungsoptionen

Anhand der Dimension **Nutzen** wird analysiert, wie vielversprechend die Umsetzung einer Digitalisierungsoption ist. Die Bewertung des Nutzens erfolgt durch die Kriterien **Kundenvorteil** (Wie hoch ist der Vorteil für den Kunden, der durch die Option generiert wird?), **Neuheitsgrad** (Wie neu ist die Option im Markt?) und **Programmrelevanz** (Für wie viele Produktgruppen des Produktprogramms ist die Option relevant?). Die Kriterien werden wiederum gewichtet und in eine Nutzwertanalyse überführt (Bild 4-43). Dem digitalen Produktfeature Nr. 1 „Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund“ wird beispielsweise ein hoher Nutzen zugeschrieben, da es einen hohen Vorteil für den Kunden generiert, einen hohen Neuheitsgrad besitzt und für nahezu alle Produktgruppen des Produktprogramms relevant ist. Das digitale Geschäftsmodell Nr. 101 „Zertifizierter Reinigungsservice über Service-App“ weist im Vergleich einen noch höheren Nutzen auf. Es generiert einen sehr hohen Kundenvorteil, da das Staubsaugen für den Kunden durch das Geschäftsmodell gänzlich entfällt und geht mit einem sehr hohen Neuheitsgrad

einher. Allerdings ist die Programmrelevanz als niedrig zu bewerten, da das Geschäftsmodell nur mit einer Produktgruppe betrieben wird.

Nutzen der Digitalisierungsoptionen  Fragestellung: Welche Bewertung erzielt die Digitalisierungsoption i (Spalte) bezüglich des Kriteriums k (Zeile)?	Digitalisierungsoption	1) Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund				2) Vermeidung des Einsatzes ungewollter Gegenstände				75) Automatische Nachbestellung von Beuteln		76) Reparatur-service über Service-App		101) Zertifizierter Reinigungsservice über Service-App	
		B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG		
<b>Bewertungskriterium</b>	G	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG	B	BxG		
<b>Kundenvorteil</b> 3 = sehr hoher Vorteil 2 = hoher Vorteil 1 = geringer Vorteil 0 = kein Vorteil bzw. Nachteil	70	2	1,4	2	1,4	2	1,4	1	0,7	3	2,1	3	2,1		
<b>Neuheitsgrad</b> 3 = sehr hoher Neuheitsgrad 2 = hoher Neuheitsgrad 1 = geringer Neuheitsgrad 0 = kein Neuheitsgrad	20	2	0,4	3	0,6	2	0,4	2	0,4	3	0,6	3	0,6		
<b>Programmrelevanz</b> 3 = für nahezu alle Produktgruppen relevant 2 = für viele Produktgruppen relevant 1 = für einzelne Produktgruppen relevant 0 = für keine Produktgruppe relevant	10	3	0,3	3	0,3	1	0,1	3	0,3	1	0,1	1	0,1		
B: Bewertung, G: Gewichtung	100	2,1		2,3		1,9		1,4		2,8					

Bild 4-43: Ermittlung des Nutzens der Digitalisierungsoptionen

Die Bewertungen der Digitalisierungsoptionen werden anschließend in das in Bild 4-44 dargestellte Portfolio übertragen. Innerhalb des Portfolios ergeben sich drei charakteristische Bereiche, die jeweils mit einer Handlungsempfehlung einhergehen:

- **Selbstläufer:** Digitalisierungsoptionen, die in diesem Bereich liegen, stiften einen hohen Nutzen und erzeugen einen vergleichsweise geringen Aufwand. Sie sollten daher umgesetzt werden. Ein Beispiel für diese Kategorie ist das digitale Produktfeature Nr. 1 „Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund“.
- **Rechenspiel:** Dieser Bereich enthält Digitalisierungsoptionen, die entweder einen hohen Nutzen stiften, aber auch einen hohen Aufwand verursachen, oder einen vergleichsweise geringen Nutzen erzeugen, aber dafür auch aufwandsarm sind. In diesem Fall sollte die Wirtschaftlichkeit der Option intensiv geprüft werden, z.B. durch die Entwicklung von Absatzszenarien, die Erschließung von Cross-Selling Potentialen oder die Identifikation von Ratio-Potentialen an anderen Stellen des Produktprogramms. Dies trifft beispielsweise auf das digitale Geschäftsmodell Nr. 101 „Zertifizierter Reinigungsservice über Service-App“ zu.
- **Verlustgeschäft:** Digitalisierungsoptionen in diesem Bereich stiften keinen unmittelbaren Nutzen und erzeugen gleichzeitig einen hohen Aufwand. Sie sollten folglich nicht umgesetzt werden. Dies trifft beispielsweise auf das digitale Produktfeature Nr. 4 „Erweiterung des Sichtfeldes durch eine Kamera an der Bodendüse“ zu.

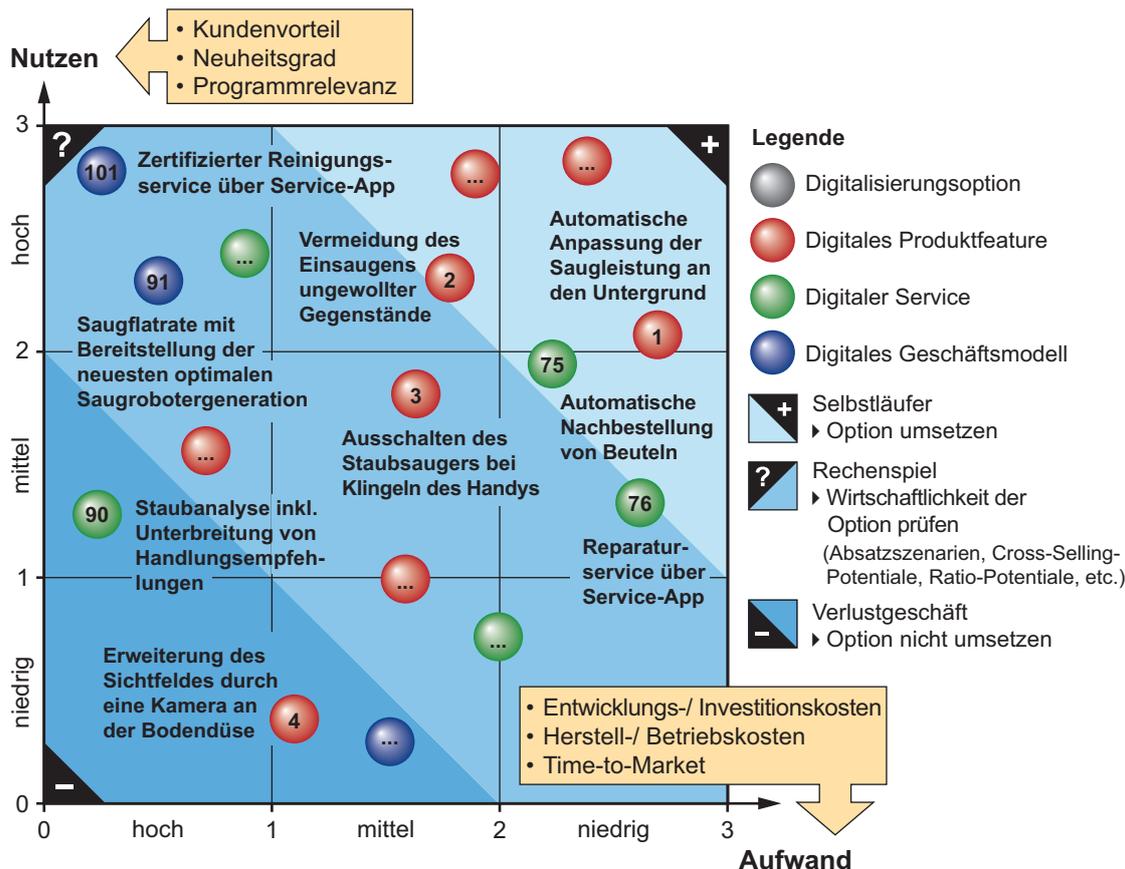


Bild 4-44: Portfolio zur Bewertung der Digitalisierungsoptionen

Mit Hilfe des Portfolios wurden im Validierungsprojekt diejenigen Digitalisierungsoptionen ausgewählt, die aus heutiger Sicht für das Produktprogramm realisiert werden sollen. Die konkrete Definition des digitalisierten Produktprogramms ist Gegenstand der letzten Phase.

#### 4.5.4 Programmdefinition

Ziel der vierten Phase ist eine Digitalisierungs-Roadmap, die für jede Produktgruppe aufzeigt, durch welche Optionen sie in welcher Generation digitalisiert werden soll. Um die Variantenvielfalt und Programmkomplexität zu reduzieren, werden die Digitalisierungsoptionen, die zur Umsetzung ausgewählt wurden, zunächst zu Digitalisierungspaketen zusammengefasst. Die Paketbildung ist eine bewährte Strategie, um die Variantenvielfalt aus Angebotssicht einzuschränken (vgl. Abschnitt 2.2.2) [GDE+19, S. 319f.], [SLN+12, S. 133ff.], [KG18, S. 276]. Im Rahmen der Systematik werden zwei konstitutive Bedingungen an die Definition von Digitalisierungspaketen gestellt: (1) Die Digitalisierungsoptionen innerhalb eines Digitalisierungspakets müssen *inhaltlich stimmig* sein, d.h. sich sinnvoll ergänzen. (2) Die Kombination der Digitalisierungsoptionen innerhalb eines Digitalisierungspakets muss *zulässig*, d.h. unter technischen und marktseitigen Gesichtspunkten erlaubt sein. Zur Sicherstellung der inhaltlichen Stimmigkeit werden Digitalisierungsoptionen, die einen gleichen oder ähnlichen Kundennutzen stiften, zu Nutzenclustern zusammengefasst

(Abschnitt 4.5.4.1). Um die Zulässigkeit zu gewährleisten, werden im Anschluss Kombinationsgebote und -verbote für die Digitalisierungsoptionen festgelegt (Abschnitt 4.5.4.2). Ausgehend von den Nutzenclustern und Kombinationsrestriktionen werden im dritten Schritt Digitalisierungspakete definiert (Abschnitt 4.5.4.3). Abschließend werden die Digitalisierungspakete den Produktgruppen und deren Produktgenerationen in einer Digitalisierungs-Roadmap zugeordnet (Abschnitt 4.5.4.4).

#### 4.5.4.1 Bildung von Nutzenclustern

Die erste Bedingung zur Definition von Digitalisierungspaketen fordert, dass die enthaltenen Digitalisierungsoptionen *inhaltlich stimmig* sein müssen. Als Maß zur Bestimmung der inhaltlichen Stimmigkeit wird der bereitgestellte Nutzen der Digitalisierungsoptionen herangezogen, d.h. eine Bündelung von Digitalisierungsoptionen in einem Paket gilt dann als sinnvoll, wenn diese den gleichen oder einen ähnlichen Kundennutzen stiften. Zur Beschreibung des Nutzens werden die Nutzelemente nach ALMQUIST ET AL. verwendet<sup>73</sup> (vgl. Bild 2-17). Für jede Option wird in einer binären **Nutzenmatrix** bewertet, welche Nutzelemente sie aufweisen (Bild 4-45). Beispielsweise adressiert das digitale Produktfeature Nr. 7 „Ermittlung und Anzeige der Reinigungsdauer“ u.a. das Nutzelement Nr. 7 „Klärt auf“.

Nutzenmatrix		Digitalisierungsoption												
Fragestellung: „Wird das Nutzelement i (Zeile) von der Digitalisierungsoption j (Spalte) adressiert?“														
Bewertungsmaßstab: 1 = Nutzelement wird adressiert 0 = Nutzelement wird nicht adressiert														
Nutzelement	Nr.	1	2	3	71	72	73	74	75	76	89	91	92	101
Senkt den Aufwand	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Vermeidet Ärger	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Senkt Kosten	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Qualität	4	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vielfalt	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Sensorische Attraktivität	6	0	0	0	1	0								1
Klärt auf	7	0	0	1	1	1								0
Spart Zeit	8	1	1	0	0	0								1
Vereinfacht	9	1	1	1	0	0								1
Selbstverwirklichung	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Selbsttranszendenz	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Beispiel**

1 = Das Nutzelement Nr. 7 „Klärt auf“ wird von dem digitalen Produktfeature Nr. 72 „Ermittlung und Anzeige der Reinigungsdauer“ adressiert.

Bild 4-45: Nutzenmatrix zur Charakterisierung der Digitalisierungsoptionen (Auszug)

<sup>73</sup> Im vorliegenden Fall wurden die B2C-Elemente genutzt. Wird die Systematik im B2B-Kontext angewendet, sind die in Bild A-1 dargestellten Nutzelemente zu verwenden.

Die Nutzenmatrix stellt die Datenbasis für die Bildung von Nutzenclustern bereit. Sie liefert für jede Digitalisierungsoption einen Vektor, der anhand der Werte „0“ oder „1“ beschreibt, welche Nutzelemente die Option beinhaltet. Auf Basis der Vektoren kann anschließend die inhaltliche Ähnlichkeit der Digitalisierungsoptionen bestimmt werden, z.B. anhand des Jaccard-Koeffizienten<sup>74</sup> [BEP+16, S. 614]. Die Ähnlichkeitswerte werden in einer **Ähnlichkeitsmatrix** dokumentiert, die in den Zeilen und Spalten alle Digitalisierungsoptionen enthält und in den Zellen den Ähnlichkeitswert für jedes Paar von Digitalisierungsoptionen beinhaltet [GP14, S. 67]. Bei einem normierten Ähnlichkeitsmaß liegt eine maximale Ähnlichkeit von „1“ zwischen zwei Digitalisierungsoptionen vor, wenn diese exakt dieselben Nutzelemente umfassen.

Die Ähnlichkeitsmatrix wird im Anschluss in eine sog. multidimensionale Skalierung (MDS) überführt [BEP+16, S. 61 ff.]. Bild 4-46 zeigt die resultierende MDS<sup>75</sup> aus dem Validierungsbeispiel. Sie wird im Rahmen der Systematik als **Nutzenlandkarte** bezeichnet.

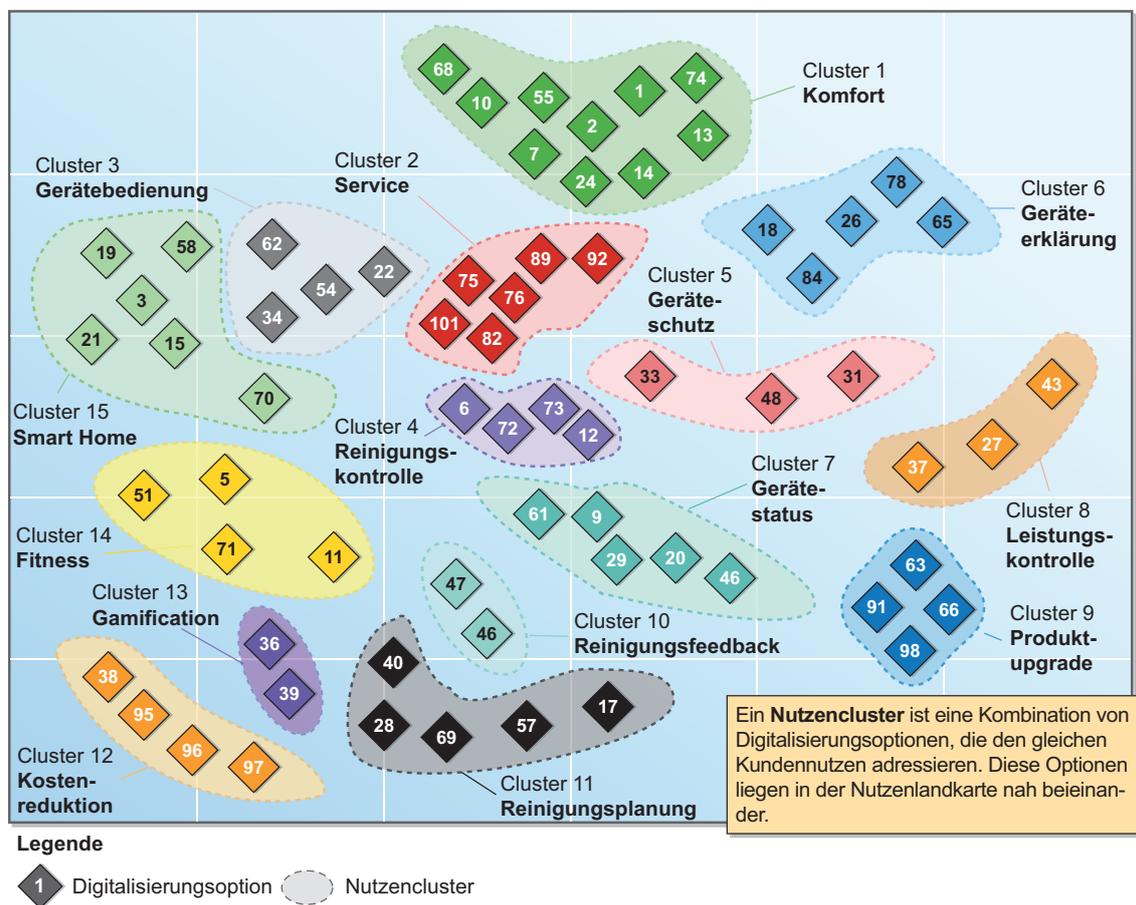


Bild 4-46: Nutzenlandkarte zur Ermittlung von Nutzenclustern in Anlehnung an [EG18a, S. 21], [EG18c, S. 75]

<sup>74</sup> Der Jaccard-Koeffizient wird bei einem binären Bewertungsmaßstab verwendet. Er bestimmt für jedes Paar von Digitalisierungsoptionen den relativen Anteil der Fälle, in denen die gleichen Nutzelemente adressiert werden, gemessen an der Anzahl der Fälle, in denen mindestens ein Nutzelement von einer der beiden Digitalisierungsoptionen adressiert wird [BEP+16, S. 461], [Jac02, S. 67ff.].

<sup>75</sup> Zur Erstellung der Nutzenlandkarte wurde die Software Permap (Version 11.8) nach HEADY verwendet. Sie ist für akademische Zwecke frei verfügbar (<http://www.newmdsx.com/permap/permap.htm>).

Die Nutzenlandkarte ordnet die Digitalisierungsoptionen gemäß ihrer Ähnlichkeit zueinander an. Optionen, die den gleichen bzw. einen ähnlichen Nutzen stiften, liegen in der Karte folglich nah beieinander. Auf diese Weise lassen sich **Nutzencluster** bilden<sup>76</sup>. Im Validierungsbeispiel wurden unter Zuhilfenahme der Nutzenlandkarte 15 Nutzencluster ermittelt. Das Cluster *Nr. 1 „Komfort“* enthält beispielsweise Digitalisierungsoptionen, die den Komfort für den Nutzer durch eine Vereinfachung des Saugprozesses erhöhen, wie das digitale Feature *Nr. 1 „Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund“* oder *Nr. 14 „Start-Stopp-Automatik bei Unterbrechungen im Saugprozess“*. Das Cluster *Nr. 9 „Produktupgrade“* beinhaltet Optionen, um den Produktwert nach Kauf des Produktes zu steigern. Hierzu gehört beispielsweise das digitale Geschäftsmodell *Nr. 91 „Saugflatrate mit Bereitstellung der neusten optimalen Saugrobotergeneration“*.

#### 4.5.4.2 Ermittlung von Kombinationsgeboten und -verboten

Die Nutzencluster erfüllen die erste Bedingung für die Paketbildung und geben den inhaltlichen Rahmen für die Digitalisierungspakete vor. Es kann jedoch vorkommen, dass eine Option aus einem Nutzencluster eine weitere Option aus einem anderen Nutzencluster technisch erfordert. Beispielsweise können zur Realisierung digitaler Geschäftsmodelle oder Services weitere digitale Features am Produkt notwendig sein. Ebenso ist es denkbar, dass nicht alle Digitalisierungsoptionen innerhalb eines Nutzenclusters kombiniert werden dürfen, z.B. weil zwei Optionen technisch unverträglich sind. Die zweite Bedingung fordert daher, dass die Kombinationsvorschläge aus den Nutzenclustern unter technischen und marktseitigen Gesichtspunkten *zulässig* sein müssen.

Um der zweiten Bedingung gerecht zu werden, werden im Rahmen dieser Aufgabe Kombinationsrestriktionen untersucht, wobei SCHUH ET AL. folgend zwischen Kombinationsgeboten und Kombinationsverboten unterschieden wird [SAS12, S. 336f.], [Sch05, S. 145f.], [GDE+19, S. 318f.]. Im Falle eines **Kombinationsgebots** müssen zwei oder mehrere Digitalisierungsoptionen miteinander gekoppelt werden bzw. die Bündelung der Optionen in einem gemeinsamen Digitalisierungspaket ist wünschenswert. Liegt ein **Kombinationsverbot** vor, dürfen zwei oder mehrere Digitalisierungsoptionen nicht miteinander kombiniert werden und dementsprechend auch nicht in einem Digitalisierungspaket auftauchen.

Um zu bestimmen, ob ein Kombinationsgebot oder -verbot zwischen zwei Digitalisierungsoptionen vorliegt, wird ein **Regelwerk** definiert. Bild 4-47 zeigt das Regelwerk aus dem Validierungsprojekt. Es berücksichtigt die Kriterien *Technische Abhängigkeit (Nr. 1)*, *Technische Verträglichkeit (Nr. 2)*, *Marktseitige Verträglichkeit (Nr. 3)*, *Realisierungszeit (Nr. 4)*, *Kostenhomogenität (Nr. 5)* und *Produktwertsteigerung (Nr. 6)*. Das Regelwerk ist bei Bedarf unternehmens- bzw. programmspezifisch anzupassen.

---

<sup>76</sup> Es können unterschiedliche Clusterverfahren eingesetzt werden. Für die Systematik eignen sich insbesondere die hierarchische Clusteranalyse [BEP+16, S. 478ff.], das Workshop-basierte Clustering (Moderationstechnik) [Ams16, S. 111] sowie das Clustering auf Basis einer Design Structure Matrix [Bro01, S. 292 ff.].

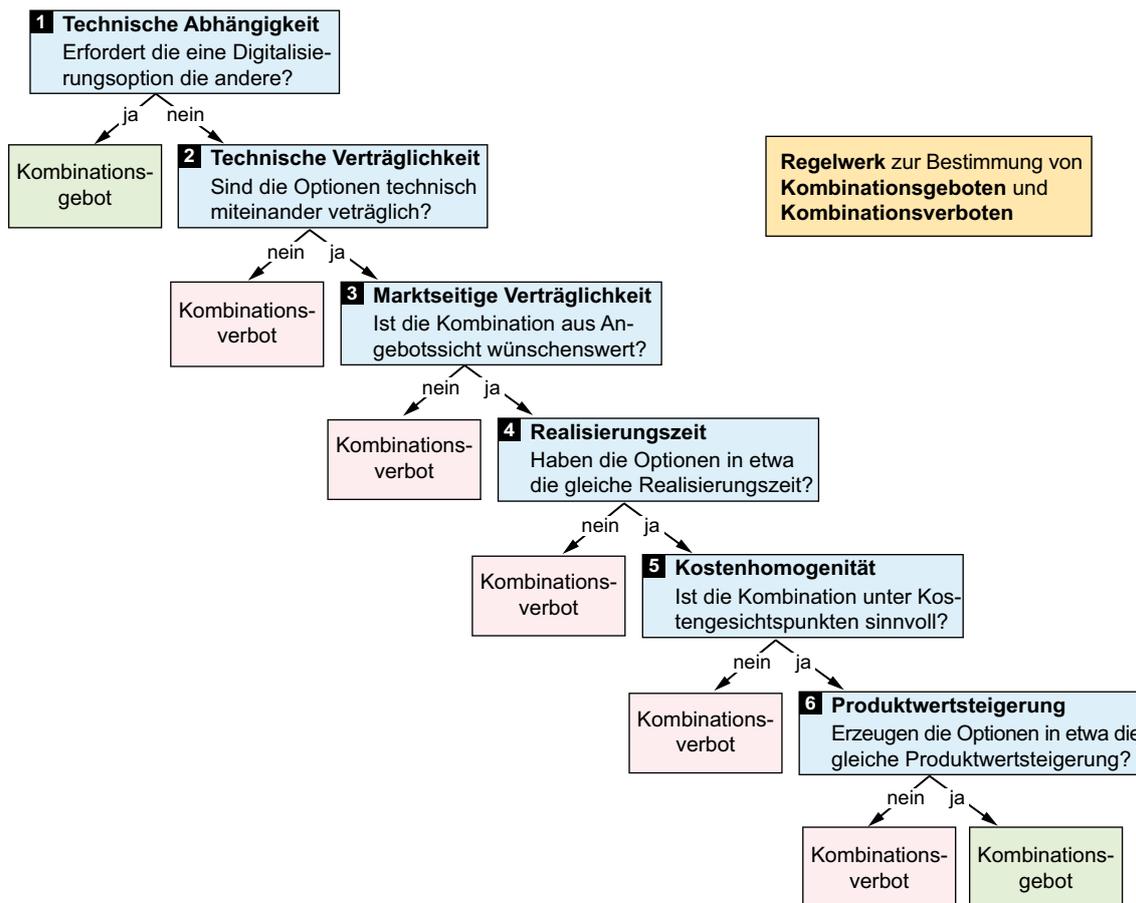


Bild 4-47: Regelwerk zur Bestimmung von Kombinationsgeboten und -verboten

Unter Zuhilfenahme des Regelwerks werden im Anschluss Kombinationsrestriktionen für die Digitalisierungsoptionen festgelegt. Grundlage bildet die in Bild 4-48 dargestellte **Kombinationsmatrix**. Sie enthält in den Zeilen und Spalten jeweils die zu realisierenden Digitalisierungsoptionen. Die zugrunde liegende Fragestellung lautet: „Welche Beziehung besteht zwischen Digitalisierungsoption *i* (Zeile) und Digitalisierungsoption *j* (Spalte)?“ Besteht zwischen den Optionen ein Kombinationsgebot wird in die entsprechende Zelle eine „1“ eingetragen. Liegt ein Kombinationsverbot vor, wird die Zelle mit einer „0“ befüllt. Es genügt, die obere oder untere Hälfte der Matrix zu bewerten (ungerichtete Bewertung) – die jeweils andere Hälfte ergibt sich durch Transponierung (symmetrische Matrix). Beispielsweise besteht zwischen den digitalen Produktfeatures Nr. 13 „Automatische Steuerung zu häufig verschmutzten Bereichen“ und Nr. 14 „Start-Stopp-Automatik bei Unterbrechungen im Saugprozess“ ein Kombinationsverbot, da sie unterschiedliche Realisierungszeiten aufweisen. Darüber hinaus erzeugt das Feature Nr. 13 auch eine sehr viel höhere Produktwertsteigerung (Premiumfeature) und geht mit höheren Entwicklungskosten einher. Zwischen dem digitalen Geschäftsmodell Nr. 91 „Saugfltrate mit Bereitstellung der neusten optimalen Saugrobotergeneration“ und dem digitalen Feature Nr. 72 „Ermittlung und Anzeige der Reinigungsdauer“ besteht hingegen ein Kombinationsgebot. Das Geschäftsmodell sieht das Angebot einer Saugfltrate vor, bei der der Kunde eine monatliche Gebühr für den Saugroboter bezahlt. Im Gegenzug wird

ihm stets die neuste Produktgeneration zur Verfügung gestellt, wobei auf Basis von Produktdaten wie der täglichen Nutzungsdauer ein für ihn optimales Modell ausgewählt wird (vgl. Bild 4-39). Das Feature ist folglich zur Realisierung des Geschäftsmodells technisch erforderlich.

Kombinationsmatrix		Digitalisierungsoption												
Fragestellung: „Welche Beziehung besteht zwischen Digitalisierungsoption i (Zeile) und Digitalisierungsoption j (Spalte)?“														
Bewertungsmaßstab: 1 = Kombinationsgebot 0 = Kombinationsverbot														
Digitalisierungsoption	Nr.	1	2	13	14	72	73	74	75	76	89	91	92	101
Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund	1		1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Vermeidung des Einsaugens ungewollter Gegenstände	2	1		0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Automatische Steuerung zu häufig verschmutzten Bereichen	13	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Start-Stopp-Automatik bei Unterbrechungen im Saugprozess	14	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ermittlung und Anzeige der Reinigungsdauer	72	0	0	0	0		1	0	0	0	0	1	0	1
Ermittlung und Anzeige der eingesaugten Staubmenge	73	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0
Digitale Filterwechsel- und Reinigungsanzeige	74	1	1	0	1	0	0		0	0	0	0	0	0
Automatische Nachbestellung von Beuteln	75	0	0	0	0	0	0	0		1	0	0	1	0
Reparaturservice über Service-App	76	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	1	0
Bereitstellung von individualisiertem Zubehör (Saugaufsätze, Bürsten etc.)	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
Saugfltrate mit Bereitstellung der neuesten optimalen Saugrobotergeneration	91	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		0	0
Verkauf digitaler Services über eine digitale Plattform	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
Zertifizierter Reinigungsservice über Service-App	101	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	

**Beispiel**

0 = Die Feature Nr. 13 „Automatische Steuerung zu häufig verschmutzten Bereichen“ und Nr. 14 „Start-Stopp-Automatik bei Unterbrechungen im Saugprozess“ dürfen nicht kombiniert werden, da sie u.a. unterschiedliche Realisierungszeiten aufweisen.

**Beispiel**

1 = Das Geschäftsmodell Nr. 91 „Saugfltrate mit Bereitstellung der neuesten optimalen Saugroboter-“ erfordert das Feature Nr. 72 „Ermittlung und Anzeige der Reinigungsdauer“.

Bild 4-48: Kombinationsmatrix zur Festlegung von Kombinationsrestriktionen in Anlehnung an [SAS12, S. 338], [GDE+19, S. 319]

#### 4.5.4.3 Definition von Digitalisierungspaketen

Auf Basis der Nutzencluster und der festgelegten Kombinationsgebote und -verbote werden in diesem Schritt **Digitalisierungspakete** definiert. Das zugehörige Vorgehen ist in Bild 4-49 schematisch dargestellt. Zunächst ist ein Nutzencluster als **Startpunkt** festzulegen (erste Bedingung: *inhaltliche Stimmigkeit*). Im dargestellten Beispiel ist dies das Cluster Nr. 1 „Komfort“. Im Anschluss sind gemäß der in der Kombinationsmatrix hin-

terlegten Kombinationsgebote und -verbote alle zulässigen Digitalisierungspakete zu ermitteln (zweite Bedingung: *zulässige Kombinationen*). Da eine manuelle Ableitung der Digitalisierungspakete unter Umständen sehr aufwändig werden kann, ist es ratsam, diesen Schritt softwaretechnisch zu unterstützen. Im Validierungsprojekt wurde dazu ein prototypisches IT-Werkzeug eingesetzt, das alle zulässigen Kombinationen berechnet und ausleitet<sup>77</sup>. Im letzten Schritt werden die resultierenden Pakete mit einem treffenden Titel benannt und in einem Steckbrief dokumentiert. Der Steckbrief gibt an, ob es sich um ein Feature-, Service- oder Geschäftsmodellpaket handelt, wann das Paket umsetzbar ist und welchen Nutzen das Paket für den Kunden hat (Basispaket, Leistungspaket, Premiumpaket).

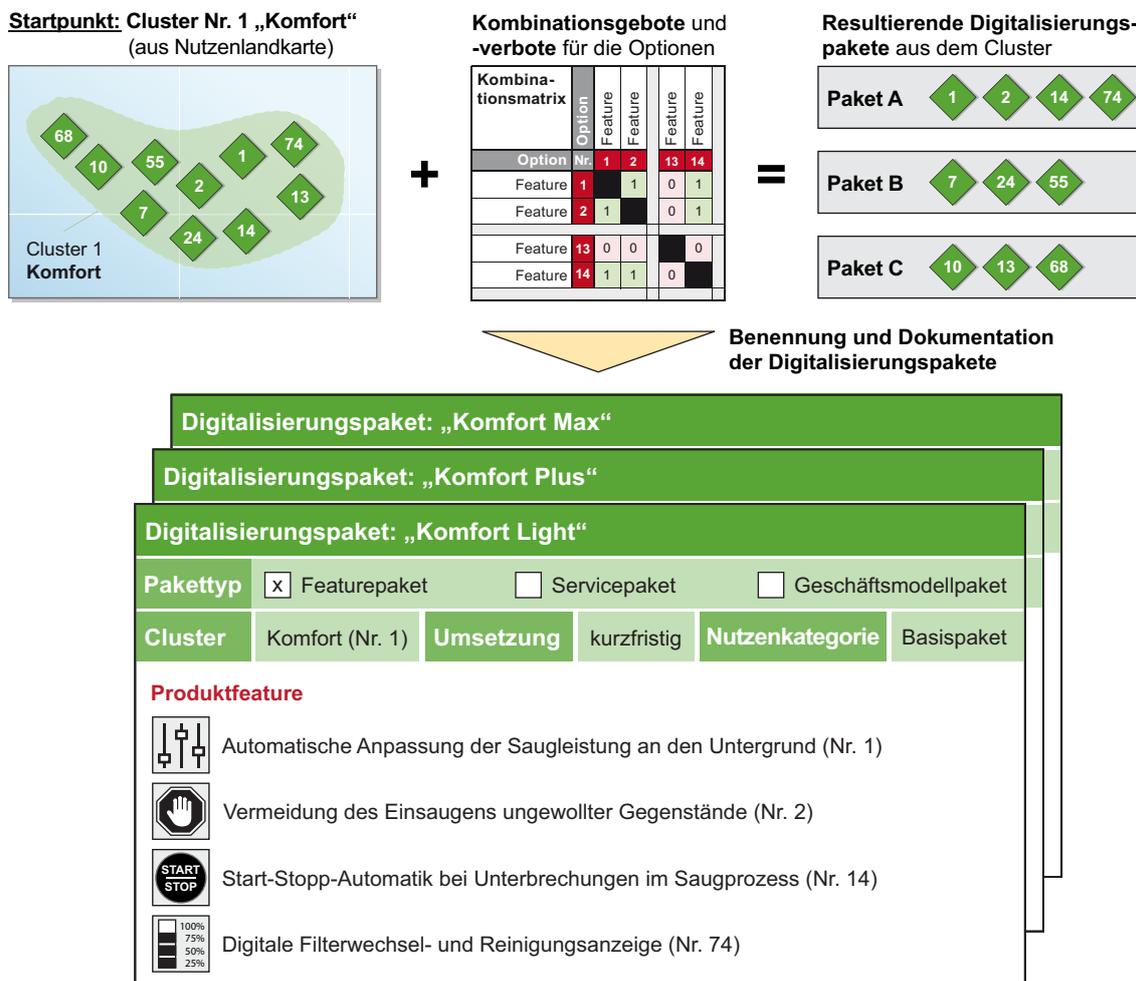


Bild 4-49: Vorgehen zur Definition von Digitalisierungspaketen am Beispiel des Nutzenclusters Nr. 1 „Komfort“ (schematische Darstellung)

Ausgehend von dem Nutzencluster „Komfort“ wurden beispielsweise die drei Featurepakete „Komfort Light“ (Basispaket), „Komfort Plus“ (Leistungspaket) und „Komfort Max“ (Premiumpaket) definiert. Das Paket „Komfort Light“ enthält vergleichsweise ein-

<sup>77</sup> Das IT-Werkzeug basiert auf dem Softwaretool zur Bildung von Geschäftsmodellmusterkombinationen nach AMSHOFF [Ams16, S. 126f.], [EAG15, S.14].

fachere Features wie eine „Automatische Anpassung der Saugleistung an den Untergrund“ (Nr. 1) oder eine „Start-Stopp-Automatik bei Unterbrechungen im Saugprozess“ (Nr. 14). Das Paket „Komfort Max“ umfasst hingegen fortgeschrittene Features wie eine „Automatische Steuerung zu häufig verschmutzten Bereichen“ (Nr. 13).

In Bild 4-50 sind darüber hinaus die aus dem Nutzencluster Nr. 9 „Produktupgrade“ abgeleiteten Digitalisierungspakete dargestellt. Es handelt sich um die Geschäftsmodellpakete „Upgrade durch Modellwechsel“ und „Upgrade durch digitales Freischalten von Features“. Zur Umsetzung der Geschäftsmodelle sind jeweils bestimmte Features am Produkt erforderlich, die teilweise aus anderen Clustern stammen. Das Paket „Upgrade durch Modellwechsel“ beruht im Kern auf dem digitalen Geschäftsmodell Nr. 91 „Saugflatrate mit Bereitstellung der neusten optimalen Saugrobotergeneration“. Gemäß des zuvor festgelegten Kombinationsgebots (vgl. Bild 4-48) enthält es u.a. das für die Realisierung erforderliche Feature „Ermittlung und Anzeige der Reinigungsdauer“ (Nr. 72).

Digitalisierungspaket: „Upgrade durch digitales Freischalten von Features“					
Digitalisierungspaket: „Upgrade durch Modellwechsel“					
Pakettyp	<input type="checkbox"/> Featurepaket	<input type="checkbox"/> Servicepaket	<input checked="" type="checkbox"/> Geschäftsmodellpaket		
Cluster	Produktupgrade (Nr. 9)	Umsetzung	mittelfristig	Nutzenkategorie	Premiumpaket
<b>Geschäftsmodell</b>					
	Saugflatrate mit Bereitstellung der neusten optimalen Saugrobotergeneration (Nr. 91)				
<b>Produktfeature</b>					
	Erstellung einer Sauglandkarte von der Wohnung (Nr. 12)				
	Ermittlung und Anzeige der Reinigungsdauer (Nr. 72)				
	Ermittlung und Anzeige der eingesaugten Staubmenge (Nr. 73)				

Bild 4-50: Abgeleitete Digitalisierungspakete aus dem Nutzencluster „Produktupgrade“

Die definierten Digitalisierungspakete sind im Anschluss aus dem Blickwinkel unterschiedlicher Funktionsbereiche zu überprüfen und bei Bedarf zu modifizieren. Beispielsweise kann es erforderlich sein, einem Digitalisierungspaket weitere Features hinzuzufügen, die für die Funktionsweise erforderlich sind, bislang aber noch nicht bedacht wurden. Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, Digitalisierungspakete anzupassen, um sie für mehrere Produktgruppen anbieten oder schneller an den Markt bringen zu können. Im Validierungsprojekt wurden hierzu gemeinsame Workshops mit Experten aus den Funktionsbereichen Produktplanung, Entwicklung, Vertrieb, Produktion und Marketing durchgeführt, in denen die Pakete intensiv diskutiert und teilweise abgewandelt wurden. Beispielsweise wurde festgelegt, dass das Digitalisierungspaket „Upgrade durch Modellwechsel“ nicht nur für Saugroboter, sondern in ähnlicher Form auch für die übrigen Produktgruppen im Bereich Robotik angeboten werden soll (Wischroboter, Fensterputzroboter).

### 4.5.4.4 Zuordnung der Digitalisierungspakete zu den Produktgruppen

Im Rahmen der letzten Aufgabe erfolgt die eigentliche Definition des digitalisierten Produktprogramms. Hierzu werden die Digitalisierungspakete den Produktgruppen und deren Generationen vor dem Hintergrund der in der Programmausrichtung formulierten Digitalisierungsstoßrichtung zugeordnet (vgl. Abschnitt 4.5.2.4). Ausgangspunkt bildet die in Bild 4-51 dargestellte **Zuordnungsmatrix**. Die Matrix enthält in den Zeilen die ermittelten Digitalisierungspakete und in den Spalten die Produktgruppen mit den im Produktprogrammplan terminierten Generationen (vgl. Bild 4-29). Soll eine Produktgruppe in einer der geplanten Generationen mit einem Paket ausgestattet werden, wird dies in der Matrix mit einem „x“ in der entsprechenden Zelle vermerkt.

Zuordnungsmatrix		Produktgruppe		Produktgruppe			Produktgruppe			Produktgruppe			
		Kabelgebundene Bodenstaubsauger mit Beutel (Nr. 1)		Kabelgebundene Bodenstaubsauger ohne Beutel (Nr. 2)			Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel (Nr. 3)			Akkubetriebene Fensterputzroboter mit Wassertank (Nr. 4)			
Fragestellung: „Soll die Produktgruppe i (Spalte) vor dem Hintergrund der Digitalisierungsstoßrichtung in einer der geplanten Generationen mit dem Digitalisierungspaket j (Spalte) ausgestattet werden?“  x = ja		C2	C3	CX2	CX3	CX4	RX2	RX3	RX4	FX1	FX2	FX3	
Digitalisierungspaket		Nr.	1A	1B	2A	2B	2C	5A	5B	5C	9A	9B	9C
Komfort	Komfort Basic	1A	x	x	x	x	x						
	Komfort Plus	1B		x			x	x					
	Komfort Max	1C											
Service	Reinigungsservice	2A											
	Wartungsservice	2B		x	x	x							
	Verbrauchsmaterial-Management	2C		x	x	x							
Geräte-	Gerätebedienung Light	3A						x	x	x	x	x	x
	Gerätebedienung Advanced	3B							x	x		x	x
Produkt-upgrade	Upgrade durch Modellwechsel	9A							x	x	x	x	x
	Digitales Freischalten von Features	9B								x			

**Beispiel**

x = Die Produktgruppe „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“ soll in der in der Generation RX2 (Nr. 5A) mit dem Digitalisierungspaket „Gerätebedienung Light“ (Nr. 3A) ausgestattet werden.

Bild 4-51: Zuordnungsmatrix zur Definition des digitalisierten Produktprogramms

Die Digitalisierungsstoßrichtung für die Produktgruppe Nr. 5 „Akkubetriebene Saugroboter ohne Beutel“ sieht beispielsweise vor, dass die Saugroboter in der nächsten Generation RX2 mit einer neuen Interface Technologie ausgestattet und über eine App steuerbar sein soll (vgl. vgl. Bild 4-31). Entsprechend dieser Vorgaben erhält die Produktgruppe in dieser Generation das Digitalisierungspaket „Gerätebedienung Light“ (Nr. 3A), das entsprechende Digitalisierungsoptionen beinhaltet. In die nächste Generation C2 der Produktgruppe Nr. 1 „Kabelgebundene Bodenstaubsauger mit Beutel“ soll unter anderem das in Bild 4-49 dargestellte Paket „Komfort Light“ (Nr. 1A) integriert werden.

Auf Basis der Zuordnungsmatrix und dem Produktprogrammplan wird eine **Digitalisierungs-Roadmap** erstellt (Bild 4-51). Die Roadmap zeigt die geplante Weiterentwicklung

des Produktprogramms im Kontext der Digitalisierung über den Zeitverlauf auf. Die Digitalisierungspakete sind in der Roadmap als horizontale Balken dargestellt, wobei über den Farbverlauf angegeben wird, wann ein Paket reif für den Einsatz in einer Produktgruppe ist. Die Produktgenerationen sind entsprechend der terminierten Markteinführungszeitpunkte als vertikale Spangen abgetragen. Die Verknüpfung der Pakete zu den Generationen wird über die schwarzen Punkte visualisiert.



Bild 4-52: Digitalisierungs-Roadmap für das Produktprogramm (Auszug)

Die Roadmap stellt das Resultat der Systematik dar. Sie dient als Steuerungsinstrument für die Entwicklung sowie als Kommunikationsinstrument zur Orchestrierung der übrigen Funktionsbereiche. Zur Realisierung der Digitalisierungspakete sind in der Folge Entwicklungsprojekte zu definieren und umzusetzen (es schließen sich die Entwicklungszyklen Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystementwicklung im Sinne des in Abschnitt 2.2.1 beschriebenen Referenzmodells nach GAUSEMEIER an).

Selbstredend ist die Roadmap in regelmäßigen Abständen zu überprüfen und ggf. zu aktualisieren. Beispielsweise kann es zu Verzögerungen in den Entwicklungsprojekten kommen, woraufhin Digitalisierungspakete abgeändert oder auf nachfolgende Generationen verschoben werden müssen. Darüber hinaus sollte die gewählte Programmausrichtung im Sinne eines **Prämissen-Controllings** halb- bis ganzjährlich verifiziert werden (Programmstruktur, Ziele und Vorgaben für die Produktgruppen etc.). Dazu ist es einerseits ratsam, die Digitalisierungsaktivitäten in der Wettbewerbsarena zu verfolgen und die digitale Position der Produktgruppen zu den jeweiligen Zeitpunkten neu zu bestimmen (Phase 1). Andererseits sollten die getroffenen Annahmen über die digitale Zukunft kritisch hinterfragt werden (Phase 2). Ergeben sich hier signifikante Änderungen, sind die entsprechenden Teile der Systematik erneut zu durchlaufen und die Digitalisierungs-Roadmap anzupassen.

## 4.6 Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen

In diesem Abschnitt wird die entwickelte Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen anhand der in Abschnitt 2.7 aufgestellten Anforderungen bewertet. Hierzu wird je Anforderung erläutert, inwiefern diese durch die einzelnen Bestandteile der Systematik bzw. deren Zusammenwirken erfüllt wird.

**A1) Systematische Erschließung der Innovationspotentiale der Digitalisierung:** Die Systematik zeigt das breite Spektrum der Innovationspotentiale der Digitalisierung in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell auf. Je Dimension werden Innovationsprinzipien bereitgestellt, die bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung des Produktprogramms beschreiben. Das Vorgehensmodell liefert einen strukturierten Leitfaden, um das Produktprogramm strategisch auf die Digitalisierung auszurichten und Erfolg versprechende Innovationspotentiale systematisch zu erschließen.

**A2) Ganzheitliche und evolutionäre Digitalisierung des Produktprogramms:** Die entwickelte Systematik ermöglicht es, die Digitalisierung des Produktprogramms ganzheitlich und schrittweise zu planen, wobei die Planung auf der Hierarchieebene der Produktgruppen erfolgt. Für jede Produktgruppe wird individuell entschieden, in welcher Generation sie in welchem Umfang und auf welche Weise digitalisiert werden soll. Der evolutionäre Charakter der Digitalisierung wird durch die Szenario-Roadmap abgebildet, die die Migration von der heutigen Situation in die antizipierte digitale Zukunft beschreibt. Die Generationsplanung der Produktgruppen wird mit den Migrationsschritten der Szenario-Roadmap synchronisiert. Es werden strategische Ziele für die Generationen abgeleitet, die dem bis dahin erwarteten Fortschritt der Digitalisierung Rechnung tragen.

**A3) Konsequente Fokussierung auf den Kundennutzen:** Eine konsequente Fokussierung auf den Kundennutzen wird durch das gesamte Vorgehensmodell gewährleistet. Bei der Bestimmung der digitalen Position wird der Kundennutzen einer realisierten Digitalisierungsoption als Gewichtungsfaktor berücksichtigt. Zukünftige Digitalisierungsoptionen werden ausgehend von bestehenden Kundenproblemen und -gewinnen ermittelt, die es zu lösen bzw. realisieren gilt. Im Rahmen der Bewertung wird ferner überprüft, ob Aufwand und Nutzen einer Option in einem vorteilhaften Verhältnis stehen. Zuletzt werden bei der Bildung von Digitalisierungspaketen solche Optionen zusammengefasst, die dem Kunden einen ähnlichen Nutzen stiften. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass inhaltlich stimmige Pakete angeboten werden.

**A4) Berücksichtigung digitaler Dienstleistungen und Geschäftsmodelle:** Digitale Dienstleistungen und Geschäftsmodelle werden im Rahmen der gesamten Systematik als mögliche Gestaltungsdimensionen berücksichtigt. Der Katalog und die zugehörige Werkzeugunterstützung enthalten hierzu entsprechende Innovationsprinzipien. Das Vorgehensmodell ermöglicht es, neben digitalen Produktfeatures auch digitale Dienstleistungen und Geschäftsmodelle für eine Produktgruppe zu planen, wobei ebenso die Möglichkeit besteht, die Dimensionen bewusst auszuschließen.

**A5) Bestimmung des gegenwärtigen Digitalisierungsgrads:** Diese Anforderung wird durch die erste Phase des Vorgehensmodells erfüllt. Zunächst wird für jede Produktgruppe des Produktprogramms analysiert, welche Digitalisierungsoptionen (digitale Produktfeatures, Services und Geschäftsmodelle) das eigene Unternehmen realisiert hat. Im Nachgang werden die vom Wettbewerb umgesetzten Optionen ermittelt. Durch einen Vergleich der Optionen des Unternehmens und der Wettbewerber wird der Digitalisierungsgrad in jeder Dimension berechnet und zur digitalen Position zusammengeführt. Aus den Einzelpositionen der Produktgruppen wird im Anschluss die Gesamtposition des Produktprogramms ermittelt. Die Ergebnisse werden in einem Digitalisierungs-Cockpit visualisiert. Anhand des Cockpits kann nachvollzogen werden, wie fortschrittlich das Unternehmen mit seinem Produktprogramm im Bereich Digitalisierung innerhalb des Eigenmarktes ist.

**A6) Vorausdenken der digitalen Zukunft und Ableitung einer Digitalisierungsstoßrichtung:** Um vorausdenken, wie sich das Geschäft im Lichte der Digitalisierung voraussichtlich wandeln wird, werden alternative Zukunftsszenarien mit Hilfe der Szenariotechnik entwickelt. Durch eine Bewertung der Szenarien hinsichtlich der Kriterien Eintrittswahrscheinlich und Auswirkungsstärke wird ein Referenzszenario ausgewählt. Für das Referenzszenario wird zudem eine Szenario-Roadmap erstellt. Vor dem Hintergrund des Referenzszenarios und der Szenario-Roadmap wird die zukünftige Programmstruktur festgelegt (Programmerweiterungen und -eliminierungen) und in einem Produktprogrammplan dokumentiert. Dieser zeigt in Form einer Roadmap auf, wie die Weiterentwicklung des Produktprogramms über den Zeitverlauf auf Ebene der Produktgruppen erfolgen soll. Darüber hinaus wird für jede Produktgruppe ausgehend von der digitalen Position und dem antizipierten Zukunftsbild eine detaillierte Digitalisierungsstoßrichtung erarbeitet. Die Stoßrichtung basiert auf einer Normstrategie und einer Chancen-Risikyanalyse, enthält strategische Ziele für die einzelnen Generationen der Produktgruppe und macht Vorgaben zur Erreichung der Ziele.

**A7) Induktive Identifikation und nutzungsfreundliche Bereitstellung von Innovationsprinzipien:** Die induktive Identifikation von Innovationsprinzipien basiert auf einem zyklischen Vorgehen. Zunächst werden Beispiele erfolgreich digitalisierter Produkte ermittelt. Im nächsten Schritt werden die Beispiele abstrahiert und zu Innovationsprinzipien aggregiert. Nach einer Kategorisierung werden die Prinzipien in ein einheitliches Dokumentationsschema überführt und in einem Katalog organisiert. Zur effizienten und nutzungsfreundlichen Anwendung der Innovationsprinzipien werden ein Kartenset (physische Form) und eine App (digitale Form) zur Verfügung gestellt.

**A8) Systematische Anwendung der Innovationsprinzipien zur Optionsermittlung:** Die Innovationsprinzipien sind in das Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen eingebettet. Sie werden in der Phase Ideenfindung eingesetzt, um zukünftige Digitalisierungsoptionen gemäß der festgelegten Programmausrichtung zu identifizieren. Zunächst werden Kundenprobleme und -gewinne analysiert. Durch einen Abgleich mit

den Innovationsprinzipien werden im Anschluss Digitalisierungsoptionen ermittelt, wobei zwei Anwendungsarten unterscheiden werden. Bei der Problem- bzw. Gewinn-induzierten Suche werden zu den identifizierten Kundenproblemen und -gewinnen geeignete Innovationsprinzipien zu deren Lösung bzw. Realisierung gesucht. Bei der Prinzip-induzierten Suche werden ausgehend von den Innovationsprinzipien Ideen für Digitalisierungsoptionen generiert, die ein Kundenproblem oder einen Kundengewinn adressieren.

**A9) Spezifikation und Zuordnung von Digitalisierungsoptionen:** Sowohl die bereits realisierten als auch die zukünftig umzusetzenden Digitalisierungsoptionen werden im Rahmen der Systematik einheitlich spezifiziert und in Steckbriefen dokumentiert. Die Spezifikation von digitalen Produktfeatures und digitalen Services erfolgt mit Hilfe der Spezifikationstechnik CONSENS. Zur Spezifikation digitaler Geschäftsmodelle wird die Spezifikationstechnik nach SCHNEIDER eingesetzt. Die Zuordnung der Digitalisierungsoptionen zu den Produktgruppen und Produktgenerationen des Produktprogramms erfolgt in der Zuordnungsmatrix bzw. der Digitalisierungs-Roadmap gemäß der definierten strategischen Ausrichtung, wobei die Optionen im Vorfeld zu Digitalisierungspaketen zusammengefasst werden, vgl. Anforderung A10.

**A10) Einschränkung der durch die Digitalisierung erzeugten Produktvarianten:** Diese Anforderung wird durch die Paketbildung in der Programmdefinition erfüllt. Mit Hilfe der Nutzenlandkarte (MDS) und der Kombinationsmatrix werden die zur Umsetzung ausgewählten Digitalisierungsoptionen zu inhaltlich stimmigen und unter technischen und marktseitigen Gesichtspunkten zulässigen Digitalisierungspaketen zusammengefasst. Auf diese Weise wird die durch die Digitalisierung erzeugte Varianz im Produktprogramm gezielt eingeschränkt.

Die entwickelte Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen erfüllt somit die an sie gestellten Anforderungen.



## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Digitalisierung ist ein Haupttreiber für Innovationen und wird zu radikalen Veränderungen der Produktwelt von morgen führen. **Kapitel 1** zeigt: Durch die zunehmende Integration digitaler Technologien wandeln sich herkömmliche Produkte zukünftig zu smarten Produkten, die über eine inhärente Teilintelligenz verfügen und über globale Datenetze wie das Internet mit weiteren Systemen kommunizieren und kooperieren. Dabei bieten smarte Produkte den Kunden völlig neue Features, die den Funktionsumfang herkömmlicher Produkte um ein Vielfaches übersteigen. Neben den skizzierten Potentialen für Produktinnovationen eröffnet die Digitalisierung auch Perspektiven für gänzlich neue Marktleistungskonzepte rund um ein bestehendes Produkt. Dazu zählen Smart Services, die über digitale Plattformen erbracht werden und zusammen mit Smart Products zu digitalen Ökosystemen gebündelt werden können. Diese neuen Marktleistungskonzepte bieten Ansatzpunkte für produktbasierte Dienstleistungs- und Geschäftsmodellinnovationen. Aus Sicht produzierender Unternehmen ist die Digitalisierung ihres Produktprogramms mit attraktiven Chancen wie Umsatz- und Gewinnsteigerungen verknüpft. Allerdings gelingt es ihnen oftmals nicht, diese Chancen zu realisieren. Es mangelt an einer Systematik, die Unternehmen dazu befähigt, die Innovationspotentiale der Digitalisierung zu erschließen und die digitale Transformation ihres Produktprogramms zielgerichtet zu planen.

**Kapitel 2** analysiert die **Herausforderungen** bei der Digitalisierung von Produktprogrammen. Ein wesentlicher Punkt ist in diesem Zusammenhang die Komplexität des Planungsprozesses. Es gilt für jede Produktgruppe des Produktprogramms zu entscheiden, auf welche Weise und in welcher Intensität sie digitalisiert werden soll – eine oberflächliche Betrachtung singulärer Produkte ist ebenso unzureichend wie eine einheitliche Digitalisierung aller Produktgruppen. Da sich der digitale Wandel nicht ad-hoc, sondern evolutionär über einen längeren Zeitraum vollzieht, gilt es auch die Weiterentwicklung der Produktgruppen langfristig über mehrere Generationen hinweg zu planen. Dies stellt Unternehmen insofern vor Herausforderungen, als dass die digitale Zukunft ungewiss ist und disruptive Veränderungen für das angestammte Geschäft mit sich bringen kann (veränderte Differenzierungsmechanismen, erweiterte Wettbewerbsarena etc.). Unternehmen sind somit gefordert, derartige Veränderungen vorauszudenken und proaktiv zu gestalten, anstatt abzuwarten und von dem Wandel überrascht zu werden. Ferner sind die Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten angesichts der Vielzahl an digitalen Technologien für Unternehmen nahezu unüberschaubar. Es fehlt ihnen an Wissen und Orientierung in diesem Themenfeld. Ein probates Mittel, um dieser Herausforderung wirkungsvoll zu begegnen, sind Innovationsprinzipien, die im Sinne von Lösungsmustern bewährte Optionen zur Weiterentwicklung von Produkten durch digitale Features, Services und Geschäftsmodelle aufzeigen. Zuletzt entstehen im Zuge der Digitalisierung des Produktprogramms häufig neue Produktvarianten, was sich am Ende des Tages in einer gesteigerten Programmkomplexität niederschlägt. Unternehmen sind gefordert, die durch die Digitalisierung induzierte Variantenvielfalt wirtschaftlich zu bewältigen. Eine Analyse des

Stands der Technik in **Kapitel 3** zeigt, dass keiner der untersuchten Ansätze diese Herausforderungen vollumfänglich adressiert. Es existieren jedoch Ansätze und Methoden, die Lösungsbausteine für einzelne Aspekte liefern können.

Vor diesem Hintergrund wird in **Kapitel 4** eine Systematik zur Digitalisierung von Produktprogrammen vorgestellt. Die Systematik setzt sich aus vier elementaren Bestandteilen zusammen:

- Das Fundament der Systematik bilden die drei **Gestaltungsdimensionen** Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell, aus denen drei übergeordnete **strategische Stoßrichtungen zur Digitalisierung von Produktprogrammen** resultieren. Die Stoßrichtungen stellen den grundsätzlichen Gestaltungsspielraum bei der Weiterentwicklung des Produktprogramms dar und erlauben es, Freiheitsgrade festzulegen.
- Ein **Katalog mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung** zeigt bewährte Möglichkeiten zur Digitalisierung von Produkten auf. Der Katalog ist nach den Gestaltungsdimensionen bzw. strategischen Stoßrichtungen der Digitalisierung gegliedert, wodurch es ermöglicht wird, Digitalisierungsoptionen gemäß der definierten Freiheitsgrade zu ermitteln.
- Eine **Werkzeugunterstützung zur Anwendung der Innovationsprinzipien** liefert ein Kartenset und eine App für mobile Endgeräte wie Tablets oder Smartphones. Auf diese Weise wird ein effizienter und nutzungsfreundlicher Einsatz der Innovationsprinzipien sichergestellt.
- Das Kernelement der Systematik ist ein **Vorgehensmodell zur Digitalisierung von Produktprogrammen**. Es beschreibt die durchzuführenden Tätigkeiten, um die digitale Transformation des Produktprogramms zu planen und steuert den Einsatz der übrigen Bestandteile. Den Startpunkt des Vorgehens bildet eine fundierte Programmanalyse, in der ermittelt wird, wie fortschrittlich das Produktprogramm eines Unternehmens im Bereich Digitalisierung ist. Auf Basis der gegenwärtigen digitalen Position und einer Zukunftsbetrachtung wird eine strategische Ausrichtung des Produktprogramms vorgenommen. Gemäß der Programmausrichtung werden zukünftige Digitalisierungsoptionen unter Zuhilfenahme der Innovationsprinzipien ermittelt, bewertet und ausgewählt. Erfolg versprechende Optionen werden zu Digitalisierungspaketen zusammengefasst und den Produktgruppen des Produktprogramms zugeordnet. Resultat ist eine Digitalisierungs-Roadmap, die die geplante Weiterentwicklung des Produktprogramms im Lichte der Digitalisierung aufzeigt.

Es wird festgestellt, dass die Systematik die gestellten Anforderungen erfüllt. Die **Praxistauglichkeit** der Systematik konnte anhand eines Industrieprojektes mit einem Unternehmen der Haushaltsgeräteindustrie nachgewiesen werden. Selbstredend ist der vorgestellte Ansatz in Abhängigkeit der jeweiligen Randbedingungen des Anwenderunternehmens zu adaptieren und spezifisch auszuprägen, z.B. bei der Auswahl von Bewertungskriterien oder der Festlegung von Freiheitsgraden.

Die Erfüllung der Anforderungen darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass auch **zukünftiger Forschungsbedarf** besteht. Dieser lässt sich in einen kurzfristigen, mittelfristigen und langfristigen Bedarf unterteilen. Kurzfristiger Forschungsbedarf ergibt sich in Hinblick auf die weitere Automatisierung der einzelnen Phasen des Vorgehensmodells. Beispielsweise besteht in der Phase Programmanalyse Potential für eine rechnerunterstützte Ermittlung von Digitalisierungsoptionen, die das eigene Unternehmen und der Wettbewerb bereits realisiert haben. Einen Ansatzpunkt hierfür können semantische Suchen darstellen, wie sie u.a. WARSCHAT ET AL. vorschlagen [WKS13, S. 41]. In der Phase Programmausrichtung wäre eine IT-technisch unterstützte Erstellung der Szenario-Roadmap wünschenswert, die auch den erforderlichen Konsistenzcheck mit der initial erstellten Konsistenzmatrix umfasst. Dieser Schritt ließe sich beispielsweise in die Szenario-Software integrieren [GP14, S. 74f.]. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, die technische und wirtschaftliche Umsetzung der Digitalisierungspakete tiefergehend methodisch zu unterstützen. In Abhängigkeit des zugrunde liegenden Pakettyps ergibt sich hier ein Bedarf an spezifischen Entwicklungsmethoden, beispielsweise für Smart Services [PD17, S. 94], [BGN17, S. 99] oder digitale Plattformen [APC16, S. 24]. Im Rahmen der Systematik wird durch die Paketbildung zudem nur eine Reduktion der Marktvarianz (externe Varianz) adressiert. Es gilt darüber hinaus auch eine Beschränkung der nach innen gerichteten Varianz an Komponenten und Prozessen vorzunehmen (interne Varianz). Hierzu sind konstruktive Ansätze wie Plattform-, Modul- oder Baukastenstrategien zu berücksichtigen [GKK16, S. 112f.].

Mittelfristig bietet sich eine Erweiterung des Katalogs mit Innovationsprinzipien der Digitalisierung an. Es ist zu überprüfen, ob sich in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell neue Innovationsprinzipien ergeben. Dies ist vor dem Hintergrund der hohen Entwicklungsdynamik digitaler Technologien anzunehmen [IMG17, S. 6]. Aus Unternehmenssicht erscheint es dabei sinnvoll, das entwickelte Vorgehen zur Identifikation und Dokumentation von Innovationsprinzipien (vgl. Bild 4-3) in die bestehenden Innovations- und Technologiemanagementprozesse zu integrieren. In diesem Zusammenhang empfiehlt sich auch eine Einbindung der Prinzipien in ein übergeordnetes Wissensmanagementsystem, das z.B. Innovationsprinzipien mit zugehörigen digitalen Technologien verknüpft. Beispielhaft seien hierfür die am HEINZ NIXDORF INSTITUT entwickelte Innovations-Datenbank [GBI09, S. 40ff.], [GBB10, S. 471 ff.] oder die Lösungsmuster-Datenbank nach DUMITRESCU genannt [Dum11, S. 156ff.].

Langfristig ist eine Ausweitung des Anwendungsbereichs der entwickelten Systematik Erfolg versprechend. Im Sinne einer unternehmensweiten Digitalisierungsstrategie sind neben den im Rahmen der Arbeit betrachteten angebotsorientierten Dimensionen der Digitalisierung auch die wertschöpfungsorientierten Dimensionen zu berücksichtigen. Hierzu zählen die Dimensionen „Digitalisierung der Produktion“ und „Digitalisierung von Prozessen“ (vgl. Abschnitt 2.1.5). Analog zu den entwickelten Innovationsprinzipien sollten in diesem Zusammenhang auch entsprechende Lösungsmuster für digitale Produktions- und Prozessinnovationen erarbeitet werden. Erste Ansätze für die Produktion liefern beispielsweise BIENHAUS [Bie17, S. 1ff.] oder KNOSPE ET AL. [KDM+18, S. 83ff.].



## 6 Abkürzungsverzeichnis

A	Anforderung
B	Bewertung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer Aided Design
CAP	Carryover Assignment Plan
CONSENS	Conceptual Design Specification Technique for the Engineering of complex Systems
CPS	Cyber-Physical System
CP	Carryover Potential
CS	Product Family Crossing Share
d.h.	das heißt
DG	Digitalisierungsgrad
DMM	Domain Mappin Matrix
DRAM	Dynamic Random Access Memory
DSM	Design Structure Matrix
G	Gewichtung
ggf.	gegebenenfalls
GV	Gestaltvariation
HMI	Human Machine Interface
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
ITS	Intelligentes Technisches System
MDM	Multiple Domain Matrix
MDS	Multidimensionale Skalierung
MIG	Module Interface Graph

---

NFC	Near Field Communication
Nr.	Nummer
OCM	Operator-Controller-Modul
OLED	Organic Light Emitting Diode
PRAM	Phase Change Random Access Memory
PSM	Program-Structuring-Model
PV	Prinzipvariation
RFID	Radio Frequency Identification
RPA	Robot Process Automation
SLM	Service Lifecycle Management
sog.	sogenannte
SOP	Start of Production
SRAM	Static Random Access Memory
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Barriers (Stärken, Schwächen, Chancen, Risiken)
t	Zeit
TEV	Tree of external variety
TRIZ	Theorie des erfinderischen Problemlösens (aus dem Russischen)
u.a.	unter anderem
ÜV	Übernahmevariation
vgl.	vergleiche
WLAN	Wireless Local Area Network
z.B.	zum Beispiel

## 7 Literaturverzeichnis

- [AAK17] ALT, R.; AUTH, G.; KÖGLER, C.: Innovationsorientiertes IT-Management mit DevOps – IT im Zeitalter von Digitalisierung und Software-defined Business. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017
- [AB13] AMMON, T.; BREM, A.: Digitale Ökosysteme und deren Geschäftsmodelle: Analyse und Implikationen für klassische Buchverlage. In: KEUPER, F.; HAMIDIAN, K.; VERWAAYEN, E.; KALINOWSKI, T.; KRAIJO, C. (Hrsg.): Digitalisierung und Innovation: Planung – Entstehung – Entwicklungsperspektiven. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013, S. 91-121
- [ABM11] AMBERG, M.; BODENDORF, F.; MÖSLEIN, K. M.: Wertschöpfungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011
- [Abr18] ABRAMOVICI, M. (Hrsg.): Engineering smarter Produkte und Services. Plattform Industrie 4.0 Studie, 2018
- [ABW15] ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGEIST, E.: Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. In: BINZ, H.; BERTSCHE, B. (Hrsg.): Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP 2015), 18.-19 Juni 2015, Stuttgart, 2015
- [ABR17] ALBERS, A.; BURSAC, N.; RAPP, S.: PGE – Produktgenerationsentwicklung am Beispiel eines Zweimassenschwungrads. Forschung im Ingenieurwesen, 81 Jg., Nr. 1, 2017, S. 13-31
- [aca11] ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (Hrsg.): Cyber-Physical Systems – Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011
- [ACS18] ALMQUIST, E. VON; CLEGHORN, J.; SHERER, L.: Was B2B-Produkte wertvoll macht. Harvard Business Manager, Juli 2018, S. 46-55
- [ADE+14b] AMSHOFF, B.; DÜLME, C.; ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Geschäftsmodellmuster für disruptive Technologien. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20.-21. November, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 334, Paderborn, 2014, S. 165-190
- [Adu16] ADUNKA, R.: Die Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ). In: LINDEMANN, U. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München, 2016, S. 673-689
- [AF18] APPELFELLER, W.; FELDMANN, C.: Die digitale Transformation des Unternehmens – Systematischer Leitfaden mit zehn Elementen zur Strukturierung und Reifegradmessung. Springer Gabler, Berlin, 2018
- [AH16] AVERSA, P.; HAEFLIGER, S.: Building Business Model Portfolios – Implications for Strategic Diversification. Working Paper, February, 2016
- [AHH+16] ALBERS, A.; HAUG, F.; HEITGER, N.; ARSLAN, M.; RAPP, S.; BURSAC, N.: Produktgenerationsentwicklung – Praxisbedarf und Fallbeispiel in der automobilen Produktentwicklung In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 12. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 8.-9. Dezember 2016, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 360, Paderborn, 2016, S. 227-242
- [AHR17] AVERSA, P.; HAEFLIGER, S.; REZA, D. G.: Building a Winning Business Model Portfolio. MIT Sloan Management Review, Vol. 58, No. 4, 2017, S. 48-54
- [AIS+77] ALEXANDER, C.; ISHIKAWA, S.; SILVERSTEIN, M.; JACOBSON, M.; FIKSDAHL-KING, I.; ANGEL, S.: A Pattern Language: Towns – Buildings – Construction. Oxford University Press, New York, 1977

- [AK16] ANKE, J.; KRENKE, J.: Prototyp eines Tools zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Smart Services für vernetzte Produkte. In: NISSEN, V.; STELZER, D.; STRABBURGER, S.; FISCHER, D. (Hrsg.): Tagungsband der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI), 9.-11. März 2016, Ilmenau, 2016, S. 1275-1286
- [AL05] ALLMENDINGER, G.; LOMBREGLIA, R.: Four Strategies for the Age of Smart Services. *Harvard Business Review*, November 2005, pp. 131-134
- [Ale79] ALEXANDER, C.: *The Timeless Way of Building*. Oxford University Press, New York, 1979
- [Alt73] ALTSCHULLER, G.: *Erfinden – (k)ein Problem? Anleitung für Neuerer und Erfinder*. Verlag 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, Paderborn, 2015
- [AP16] ALT, R.; PUSCHMANN, T.: *Digitalisierung der Finanzindustrie – Grundlagen der Fintech-Evolution*. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2016
- [APC16] ALSTYNE, W. VAN; PARKER, G. G.; CHOUDARY, S. P.: Plattform statt Pipeline. *Harvard Business Manager*, Juni 2016, S. 22-31
- [APW+15] ANDERL, R.; PICARD, A.; WANG, Y.; FLEISCHER, J.; DOSCH, S.; KLEE, B.; BAUER, J.: *Leitfaden Industrie 4.0 – Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand*. VDMA Verlag, Frankfurt am Main, 2015
- [ASB16] ALMQUIST, E. VON; SENIOR, J.; BLOCH, N.: Was Produkte wertvoll macht. *Harvard Business Manager*, Oktober 2016, S. 22-31
- [AT90] ANDERSON, P.; TUSHMAN, M. L.: Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 4, 1990, pp. 604-633
- [Bar17] BARTELS, P.: *Potenzialanalyse: Wie digital sind die deutschen Mittelständler?* PricewaterhouseCoopers (PWC), Düsseldorf, 2017
- [Bät04] BÄTZEL, D.: *Methode zur Ermittlung und Bewertung von Strategievarianten im Kontext Fertigungstechnik*. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 141, Paderborn, 2004
- [Bau15] BAUMS, A.: Analyse – Was sind digitale Plattformen. In: BAUMS, A.; SCHÖSSLER, M.; SCOTT, B. (Hrsg.): *Kompodium Industrie 4.0: Wie digitale Plattformen die Wirtschaft verändern – und wie die Politik gestalten kann*. Kompodium Digitale Standortpolitik, Band 2, Berlin, 2015, S. 14-25
- [Bau17] BAUERNHANSL, T.: Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: VOGEL-HEUSER, B.; BAUERNHANSL, T.; TEN HOMPEL, M. (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4 – Allgemeine Grundlagen*. 2. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, 2017
- [BBS+14] BÖHRINGER, J.; BÜHLER, P.; SCHLAICH, P.; SINNER, D.: *Kompodium der Mediengestaltung – II. Medientechnik*. 6. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2014
- [BC87] BECK, K.; CUNNINGHAM, W.: *Using Pattern Languages for Object-Oriented Programs*. Technical Report CR-87-43, Tektronix, Inc. OOPSLA'87 workshop on Specification and Design for Object-Oriented Programming, 1987
- [BC95] BOWLER, J. L.; CHRISTENSEN, C. M.: Disruptive Technologies: Catching the Wave. *Harvard Business Review*, January - February, 1995, pp. 43-53

- [BCC+57] BELLMAN, R.; CLARK, C.; CRAFT, C.; MALCOLM, D. G.; RICCIARDI, F.: On the Construction of a Multi-Stage, Mutli-Person Business Game. The Rand Corporation, Santa Monica, 1957
- [BE06] BULLINGER, H.-J.; ENGEL, K.: Best Innovator: Erfolgsstrategien von Innovationsführern – Praxisorientierter Leitfaden für Unternehmen zur erfolgreichen Organisation von Innovationsmanagement. 2. Auflage, FinanzBuch Verlag, München, 2006
- [Beb78] BEBIÉ, A.: Käuferverhalten und Marketing-Entscheidung – Konsumgüter-Marketing aus der Sicht der Behavioral Sciences. Gabler, Wiesbaden, 1978
- [BEP+16] BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R.: Multivariate Analysemethoden – Eine anwendungsorientierte Einführung. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 14. Auflage, 2016
- [BGN17] BULLINGER, H.-J.; GANZ, W.; NEUHÜTTLER, J.: Smart Services – Chancen und Herausforderungen digitalisierter Dienstleistungssysteme für Unternehmen. In: BRUHN, M.; HADWICH, K. (Hrsg.): Dienstleistungen 4.0: Konzepte – Methoden – Instrumente. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017, S. 97- 120
- [BGS06] BADERTSCHER, K.; GUBELMANN, J.; SCHEURING, J.: Wirtschaftsinformatik Grundlagen: Information- und Kommunikationssysteme gestalten – Grundlagen mit zahlreichen Illustrationen, Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten. Compendio Bildungsmedien, Zürich, 2006
- [Bie17] BIENHAUS, D.: Patterns for the Industrial Internet / Industrie 4.0. Proceedings of the 22nd European Conference on Pattern Languages of Programs (EuroPLoP), 12-16 July, Irsee, Germany, 2017, pp. 1-11
- [BK96] BINDER, V.; KANTOWSKY, J.: Technologiepotentiale: Neuausrichtung der Gestaltungsfelder des strategischen Technologiemanagements. DUV, Wiesbaden, 1996
- [Ble11] BLEES, C.: Eine Methode zur Entwicklung modularer Produktfamilien. Dissertation, Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Technische Universität Hamburg-Hamburg, Hamburger Schriftenreihe Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Band 3, Hamburg, 2011
- [BLM+15] BRADLEY, J.; LOUCKS, J.; MACAULAY, J.; NORONHA, A.; WADE, M.: Digitale Disruption – How Digital Disruption Is Redefining Industries. Global Center For Digital Business Transformation, Lausanne, 2015
- [BLO+15] BLOCHING, B.; LEUTIGER, P.; OLTMANN, T.; ROSSBACH, C.; SCHLICK, T.; REMANE, G.; QUICK, P.; SCHAFRANYUK, O.: The Digital Transformation of industry – How important is it? Who are the winners? What must be done now? Roland Berger Strategy Consultants, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI), Berlin, 2015
- [BM17a] BÜHLER, P.; MAAS, P.: Transformation von Geschäftsmodellen in einer digitalisierten Welt. In: BRUHN, M.; HADWICH, K. (Hrsg.): Dienstleistungen 4.0: Geschäftsmodelle – Wertschöpfung – Transformation. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017
- [BM17b] BRYNJOLFSSON, E.; MCAFFE, A.: Von Managern und Maschinen. Harvard Business Manager, November 2017, S. 22-35
- [BMR+96] BUSCHMANN, F.; MEUNIER, R.; ROHNERT, H.; SOMMERLAD, P.; STAL, M.: Pattern-oriented Software Architecture: A System of Patterns. John Wiley & Sons, Chichester, 1996
- [BMWi18] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (BMWi) (Hrsg.): Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018. weidner.media, München, 2018
- [Bor01] BORCHERS, J.: A Pattern Approach to Interaction Design. John Wiley & Sons, Chichester, 2001
- [Bor18] BORNEWASSER, M.: Vernetzung als Mittel des modernen Kompetenzmanagements. In: BORNEWASSER, M. (Hrsg.): Vernetztes Kompetenzmanagement – Gestaltung von Lernprozessen in organisationsübergreifenden Strukturen. Springer Verlag, Berlin, 2018

- [BR11] BIEGER, T.; REINHOLD, S.: Das wertbasierte Geschäftsmodell – Ein aktualisierter Strukturierungsansatz. In: BIEGER, T.; KNYPHAUSEN-AUFSEB, D. ZU; KRYS, C. (Hrsg.): Innovative Geschäftsmodelle – Konzeptionelle Grundlagen, Gestaltungsfelder und unternehmerische Praxis. Springer Verlag, Berlin, S. 13-70
- [Bro01] BROWNING, T. R.: Applying the Desing Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 48, No. 3, 2001, pp. 292-306
- [Bro07] BROCKHOFF, K.: Produktinnovation. In: ALBERS, S.; HERRMANN, A. (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement. 3. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2007, S. 20-48
- [Bro10] BROY, M. (Hrsg.): Cyber-Physical Systems – Innovation durch Software-intensive eingebettete Systeme. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010
- [Bro99] BROCKHOFF, K.: Produktpolitik. 4. Auflage, Lucius & Lucius, Stuttgart, 1999
- [BSM+14] BAUER, W.; SCHLUND, S.; MARRENBACH, D.; GANSCHAR, O.: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V., Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, IAO, 2014
- [BUA16] BRENNER, W.; UEBERNICKEL, F.; ABRELL, T.: Design Thinking as Mindset, Process and Toolbox. In: BRENNER, W.; UEBERNICKEL, F. (Ed.): Design Thinking for Innovation – Research and Practice. Springer Verlag, Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2016
- [BUB17] BECKER, W.; ULRICH, P.; BOTZKOWSKI, T.: Industrie 4.0 im Mittelstand – Best Practices und Implikationen für KMU. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017
- [Bul94] BULLINGER, H.-J.: Einführung in das Technologiemanagement – Modelle, Methoden, Praxisbeispiele. B. G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1994
- [Bun09] BUNGERT, F.: Pattern-basierte Entwicklungsmethodik für Product Lifecycle Management. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, RWTH Aachen, Shaker Verlag, Aachen, 2009
- [Bur07] BURR, W.: Erscheinungsformen, Bedeutung und betriebswirtschaftliche Potenziale von Dienstleistungsinnovationen. In: SCHMIDT, K.; GLEICH, R.; RICHTER, A. (Hrsg.): Innovationsmanagement in der Serviceindustrie – Grundlagen, Praxisbeispiele und Perspektiven. Rudolf Haufe Verlag, Freiburg i. Br., 2007
- [BV14] BACKHAUS, K.; VOETH, M.: Industriegütermarketing – Grundlagen des Business-to-Business-Marketings. 10. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München, 2014
- [BWS18] BÄR, C.; WEIß, M.; SEYD, S.: Der digitale Change. In: BÄR, C.; GRÄDLER, T.; MAYR, R. (Hrsg.): Digitalisierung im Spannungsfeld von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Recht – 1. Band: Politik und Wirtschaft, Springer Gabler, Berlin, 2018
- [CG15] CORSTEN, H.; GÖSSINGER, R.: Dienstleistungsmanagement. 6. Auflage, De Gruyter, Berlin, Boston, 2015
- [CGM+16] CORSTEN, H.; GÖSSINGER, R.; MÜLLER-SEITZ, G.; SCHNEIDER, H.: Grundlagen des Technologie- und Informationsmanagements. 2. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München, 2016
- [Chr97] CHRISTENSEN, C. M.: The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms To Fail. Harvard Business Press, Boston, MA, 1997
- [CR10] CASADESUS-MASANELL, R.; RICART, J. E.: From Strategy to Business Models and onto Tactics. Long Range Planning, Vol. 43, No. 2-3, 2010, S. 195-215
- [CS13] CLEMENT, R.; SCHREIBER, D.: Internet-Ökonomie – Grundlagen und Fallbeispiel der vernetzten Wirtschaft. 2. Auflage, Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2013
- [CS16] CLEMENT, R.; SCHREIBER, D.: Internet-Ökonomie – Grundlagen und Fallbeispiel der vernetzten Wirtschaft. 3. Auflage, Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2016

- [Csi14] CSIK, M.: Muster und das Generieren von Ideen für Geschäftsmodellinnovationen. Dissertation, Universität St. Gallen, Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften sowie Internationale Beziehungen (HSG), Difo-Druck, Bamberg, 2014
- [CT12] CASADESUS-MASANELL, R.; TARZIÁN, J.: When One Business Model Isn't Enough. *Harvard Business Review*, January-February 2012, pp. 132-137
- [CV07] CLOUTIER, R. J.; VERMA, D.: Applying the Concept of Patterns to Systems Architecture. *Systems Engineering*. Vol. 10, No. 2, 2007, pp. 138-154
- [Dan09] DANGELMEIER, W.: Theorie der Produktionsplanung und -steuerung – Im Sommer keine Kirschpralinen? Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009
- [DB01] DANILOVIC, M.; BÖRJESSION, H.: Participatory Dependence Structure Matrix Approach. In: Massachusetts Institute of Technology (Ed.): Proceedings of the 3rd Dependence Structure Matrix (DSM) International Workshop, 29.-30. October, Cambridge, England, 2001
- [Dei09] DEIGENDESCH, T.: Kreativität in der Produktentwicklung und Muster als methodisches Hilfsmittel. Dissertation, Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie, Forschungsberichte, Band 41, 2009
- [DIN199-1] Technische Produktdokumentation - CAD-Modelle, Zeichnungen und Stücklisten - Teil 1: Begriffe, 2002
- [DIN2330] Begriffe und Benennungen – Allgemeine Grundsätze, 1993
- [Dis12] DISSELKAMP, M.: Innovationsmanagement – Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen. 2. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2012
- [Dör79] DÖRNER, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 2. Auflage, W. Kohlhammer, Stuttgart, 1979
- [Dru54] DRUCKER, P.: The Practice of Management. Harper and Row Publishers, New York, 1994
- [Dül18] DÜLME, C.: Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 384, Paderborn, 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
- [EAG15] ECHTERFELD, J.; AMSHOFF, B.; GAUSEMEIER, J.: How to use Business Model Patterns for Exploiting Disruptive Technologies. In: PRETORIUS, L.; THOPIL, G. A. (Ed.): IAMOT 2015 – Proceedings of the 24<sup>th</sup> International Association for Management of Technology Conference, June 8-11, Cape Town, 2015
- [Ech14] ECHTERHOFF, N.: Systematik zur Planung von Cross-Industry-Innovationen. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 332, Paderborn, 2014
- [Ech18] ECHTERHOFF, B.: Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen. Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 387, Paderborn, 2018
- [Eck14] ECKERT, R.: Business Model Prototyping – Geschäftsmodellentwicklung im Hyperwettbewerb. Strategische Überlegenheit als Ziel. Springer Gabler, Wiesbaden, 2014
- [EDG17] ECHTERFELD, J.; DÜLME, C.; GAUSEMEIER, J.: Gestaltung von Produktstrategien im Zeitalter der Digitalisierung. 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, 11.-12. Mai 2017, Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 369, Paderborn, 2017, S. 67-92

- [EG18a] ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Digitising Product Portfolios. *International Journal of Innovation Management*, Vol. 22, No. 5, 2018, pp. 1-27
- [EG18b] ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Pattern based digitization of product portfolios. *Proceedings of the 27th International Association for Management of Technology Conference (IAMOT)*, 22.-26. April, Birmingham, England, 2018
- [EG18c] ECHTERFELD, J.; GAUSEMEIER, J.: Digitalisierung von Produktprogrammen. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*, 8.-9. November 2018, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 385, Paderborn, 2018, S. 55-80
- [EGB+03] EVERSHEIM, W.; BREUER, T.; GRAWATSCH, M.; HILGERS, M.; KNOCHE, M.; ROSIER, C.; SCHÖNING, S.; SPIELBERG, D. E.: Methodenbeschreibung. In: EVERSHEIM, W. (Hrsg.): *Innovationsmanagement für technische Produkte*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2003
- [Eig17] EIGNER, M.: IT-Lösungen für den Produktentwicklungsprozess. In: SPATH, D.; WESTKÄMPER, E.; BULLIGER, H.-J.; WARNECKE, H.-J. (Hrsg.): *Neue Entwicklungen in der Unternehmensorganisation*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2017
- [EK12] EILMUS, S.; KRAUSE, D.: An Approach for reducing Variety across Product Families. In: HANSEN, P.A.; RAMUSSEN, J.; JØRGENSEN, K.A.; TOLLESTRUP, C. (Ed.): *NordDesign 2012 – Proceedings of the 9th NordDesign Conference*, 22.-24. August, Aarlborg, Dänemark, 2012
- [EM17] EHRENSPIEL, K.; MEERKAMM, H.: *Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. 6. Auflage, Hanser, München, 2013
- [EPR17] ENGELS, G.; PLASS, C.; RAMMIG, F.-J. (Hrsg.): *IT-Plattformen für die Smart Service Welt – Verständnis und Handlungsfelder (acatech Diskussion)*. Herbert Utz Verlag, München, 2017
- [ES99] EVERSHEIM, W.; SPUR, G.: Produktionstechnologie – Einführung. In: EVERSHEIM, W., SCHUH, G. (Hrsg.): *Produktion und Management 3 – Gestaltung von Produktionssystemen*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1999, S. 11-1 - 11-14
- [ESH11] EBER, G.; SPUR, G.; HARMS, R.: Ergebnisse einer Expertenbefragung zum Management von Produktionsinnovationen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)*, 106. Jg., Nr. 3, 2011
- [Eve92] EVERSHEIM, W.: Flexible Produktionssysteme. In: FRESE, E. (Hrsg.): *Handwörterbuch der Organisation*. 3. Auflage, C. E. Poeschel Verlag, Stuttgart, 1992, S. 2058-2066
- [EWS+94] EPPINGER, S. D.; WHITNEY, D. E.; SMITH, R. P.; GEBALA, D. A.: A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development. *Research in Engineering Design*, Vol. 6, No. 1, 1994, pp. 1-13
- [EWW17] ENGELHARDT, S.; WANGLER, L.; WISCHMANN, S.: Eigenschaften und Erfolgsfaktoren digitaler Plattformen. Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2017
- [FF18] FRANKEN, R.; FRANKEN, S.: Wandel von Managementfunktionen im Kontext der Digitalisierung. In: HIRSCH-KREINSEN, H.; ITTERMANN, P.; NIEHAUS, J. (Hrsg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit – Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*. 2. Auflage, Nomos Verlagsgesellschaft, 2018, S. 99-120
- [FJG14] FECHTER, T.; JAICH, H.; GLOCKNER, C.: Fertigungstechnik – Werkstücke wirtschaftlich und nachhaltig herstellen. In: SKOLAUT, W. (Hrsg.): *Maschinenbau – Ein Lehrbuch für das ganze Bachelor-Studium*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2014, S. 967-976
- [FKR+18] FRANK, M.; KOLDEWEY, C.; RABE, M.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; KÜHN, A.: Smart Services – Konzept einer neuen Marktleistung. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF)*, 113. Jg., Nr. 5, 2018, S. 306-311

- [Fli09] FLIEB, S.: Dienstleistungsmanagement – Kundenintegration gestalten und steuern. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009
- [Fra17] FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT E.V.: Trends für die Künstliche Intelligenz. Fraunhofer-Gesellschaft e.V., München, 2017
- [Fri04] FRIEDRICH, T.: Strategische Produktprogrammplanung bei variantenreichen Produkten. Dissertation, Hochschule St. Gallen, St. Gallen, 2004
- [FWW14] FLEISCH, E.; WEINBERGER, M.; WORTMANN, F.: Geschäftsmodelle im Internet der Dinge. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik. 51. Jg., Nr. 6, Dezember, 2014, S. 812-826
- [GAC+13] GAUSEMEIER, J.; ANACKER, H.; CZAJA, A.; WABMANN, H.; DUMITRESCU, R.: Auf dem Weg zu intelligenten technischen Systemen. In: GAUSEMEIER, J., DUMITRESCU, R.; RAMMING, F.-J.; SCHÄFER, W.; TRÄCHTLER, A. (Hrsg.): 9. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme, 18.-19. April 2013, Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 310, Paderborn, 2013, S. 11-47
- [GB12] GEISBERGER, E.; BROY, M. (Hrsg.): agendaCPS – Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012
- [GBB10] GAUSEMEIER, J.; BRINK, V.; BUSCHJOST, O.: Die Innovations-Datenbank. In: GRUNDLACH, C.; GLANZ, A.; GUTSCHE, J. (Hrsg.): Die frühe Innovationsphase – Methoden und Strategien für die Vorentwicklung. Symposium Publishing, Düsseldorf, 2010, S. 471-488
- [GBI09] GAUSEMEIER, J.; BRINK, V.; IHMELS, S.: Technologieorientiertes Innovationsmanagement mit der Innovations-Datenbank. Industrie Management, Ausgabe 1/2009, Gito Verlag, Berlin, 2009, S. 40-44
- [GD18] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.: Innovationen im Zeitalter der Digitalisierung. Industrie 4.0 Management, 2. Jg., Nr. 34, 2018, S. 7-11
- [GDE+19] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMANN, F.: Innovationen für die Märkte von morgen – Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Carl Hanser Verlag, München, 2019
- [GDJ+14] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; JASPERNEITE, J.; KÜHN, A.; TRESK, H.: Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL, 2014
- [GEA16] GAUSEMEIER, J.; ECHTERFELD, J.; AMSHOFF, B.: Strategische Produkt- und Prozessplanung. In: LINDEMANN, U. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München, 2016, S. 9-35
- [GEK01] GAUSEMEIER, J.; EBBESMEYER, P.; KALLMEYER, F.: Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2001
- [Ger04] GERYBADZE, A.: Technologie- und Innovationsmanagement – Strategie, Organisation und Implementierung. Verlag Franz Vahlen, München, 2004
- [Ger05] GERPOTT, T. J.: Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement. Schäffer/Poeschel Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, 2005
- [GFC13] GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle entwickeln – 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. Carl Hanser Verlag, München, 2013
- [GHJ+94] GAMMA, E.; HELM, R.; JOHNSON, R. E.; VLISSIDES, J.: Design Patterns – Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley, Boston u.a., 1994
- [GHK+06] GAUSEMEIER, J.; HAHN, A.; KESPOHL, H. D.; SEIFERT, L.: Vernetzte Produktentwicklung – Der erfolgreiche Weg zum Global Engineering Network. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2006

- [GKK16] GEBHARDT, N.; KRUSE, M.; KRAUSE, D.: Gleichteile-, Modul- und Plattformstrategie. In: LINDEMANN, U. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München, 2016, S. 111-150
- [GKR13] GAUSEMEIER, J.; KÖSTER, O.; RÜBELKE, R.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 5.-6. Dezember 2013, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 318, Paderborn, 2013, S. 7-36
- [GP09] GROTS, A.; PRATSCHKE, M.: Design Thinking – Kreativität als Methode. Marketing Review St. Gallen, 26 Jg., Nr. 2, 2009, S. 18-23
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2014
- [GS13] GASSMANN, O.; SUTTER, P.: Praxiswissen Innovationsmanagement – Von der Idee zum Markterfolg. 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2013
- [GTD13] GAUSEMEIER, J.; TSCHIRNER, C.; DUMITRESCU, R.: Der Weg zu Intelligenten Technischen Systemen. Industrie Management, 29/2013, Gito, Berlin, 2013, S. 49-52
- [Gut51] GUTENBERG, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre – Band 1: Die Produktion. Springer Verlag, Berlin u.a., 1951
- [GV05] GHAZIANI, A.; VENTRASCIA, M. J.: Keywords and Cultural Change: Frame Analysis of Business Model Public Talk. Sociological Forum, Vol. 40, No. 4, pp. 523-559
- [GVS16] GEISSBAUER, R.; VEDSO, J.; SCHRAUF, S.: Industry 4.0 – Building the digital enterprise. PricewaterhouseCoopers (PWC), 2016
- [GWE+17] GAUSEMEIER, J.; WIESEKE, J.; ECHTERHOFF, B.; ISENBERG, L.; KOLDEWEY, C.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.: Mit Industrie 4.0 zum Unternehmenserfolg – Integrative Planung von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungssystemen. Heinz Nixdorf Institut, Paderborn, 2017
- [Hag05] HAGEN, M.: Definition einer Sprache zur Beschreibung von Prozessmustern zur Unterstützung agiler Softwareentwicklungsprozesse. Dissertation, Fakultät für Mathematik und Informatik, Universität Leipzig, 2005
- [Hal17] HALLER, S.: Dienstleistungsmanagement: Grundlagen – Konzepte – Instrumente. 7. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2017
- [Han18] HANSCHKE, U.: Digitalisierung und Industrie 4.0 – einfach und effektiv: Systematisch & lean die digitale Transformation meistern. Carl Hanser Verlag, München, 2018
- [Hau14] HAUSLADEN, I.: IT-gestützte Logistik: Systeme – Prozesse – Anwendungen. 2. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2014
- [HGG16] HANSCHKE, I.; GIESINGER, G.; GOETZE, D.: Business Analyse – einfach und effektiv: Geschäftsanforderungen verstehen und in IT-Lösungen umsetzen. 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2016
- [HHJ+17] HARLAND, T.; HUSMANN, M.; JUSSEN, P.; KAMPKER, A.; STICH, V.: Sechs Prinzipien für datenbasierte Dienstleistungen der Industrie. In: BORGMEIER, A.; GROHMANN, A.; GROSS, S. F. (Hrsg.): Smart Services und Internet der Dinge – Geschäftsmodelle, Umsetzung und Best Practices. Carl Hanser Verlag, München, 2017
- [HHS+07] HORX, M.; HUBER, J.; STEINLE, A.; WENZEL, E.: Zukunft machen – Wie Sie von Trends zu Business-Innovationen kommen. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 2007
- [HK01] HOPPE, K.; HOLLMER, K.: Strategie und Geschäftsmodell. In: MEINHARDT, Y. (Hrsg.): Veränderung von Geschäftsmodellen in dynamischen Industrien: Fallstudien aus der Biotech-, Pharmaindustrie und bei Business-to-consumer Portalen, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2001

- [HNU+17] HOLLER, M.; NEIDITSCH, G.; UEBERNICKEL, F.; BREMER, W.: Digital Product Innovation in Manufacturing Industries – Towards a Taxonomy for Feedback-driven Product Development Scenarios. Proceedings of the 50<sup>th</sup> Hawaii International Conference on System Sciences, 4.-7. January 2017, Waikoloa, Hawaii, pp. 4276-4735
- [Hom17] HOMBURG, C.: Marketingmanagement – Strategie - Instrumente - Umsetzung - Unternehmensführung. 6. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015
- [HP97] HAMEL, G.; PRAHALAD, C.K.: Wettlauf um die Zukunft. 2. Auflage, Wirtschaftsverlag Ueberreuther, Berlin, 1997
- [HPI18-ol] HASSO PLATTNER INSTITUT (HPI): Was ist Design Thinking? Unter: <https://hpi-academy.de/design-thinking/was-ist-design-thinking.html>, 19. November 2018
- [HS09] HERZOG, H.; SCHILDHAUER, T. (Hrsg.): Intelligente Objekte: Technische Gestaltung – Wirtschaftliche Verwertung – Gesellschaftliche Wirkung (acatech DISKUTIERT). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009
- [HSS+16] HAUSCHILD, J.; SALOMO, S.; SCHULTZ, C.; KOCK, A.: Innovationsmanagement. 6. Auflage, Verlag Franz Vahlen, Wiesbaden, 2016
- [HTF96] HARASHIMA, F.; TOMIZUKA, M.; FUKUDA, T.: Mechatronics – “What Is It, Why, an How?” An Editorial. IEEE/ASME Transactions of Mechatronics, Vol. 1, No. 1, March 1996
- [HW00] HADELER, T.; WINTER, E. (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon – Die ganze Welt der Wirtschaft: Betriebswirtschaft, Volkswirtschaft, Recht und Steuern. 15. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2000
- [IMG17] ISMAIL, S.; MALONE, M. S.; GEEST, Y. VAN: Exponentielle Organisationen – Das Konstruktionsprinzip für die Transformation von Unternehmen im Informationszeitalter. Verlag Franz Vahlen, München, 2017
- [Iwa17] IWANEK, P.: Systematik zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme im Maschinen- und Anlagenbau. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 366, Paderborn, 2017
- [Jac18] JACOB, C.: Aufbau innovativer Ökosysteme und Einführung digitaler Smart Services an Beispielen der Wertschöpfungskette vom Bauinvestor bis hin zum Facility Management. In: PLUGMANN, P. (Hrsg.): Innovationsumgebungen gestalten – Impulse für Start-ups und etablierte Unternehmen im globalen Wettbewerb. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018, S. 111-131
- [JL13] JACOBI, H.-F.; LANDHERR, M.: Treiber der unternehmerischen Wettbewerbsfähigkeit im globalen Kontext. In: WESTKÄMPER, E.; SPATH, D.; CONSTANTINESCU, C.; LENTES, J. (Hrsg.): Digitale Produktion. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2013, S. 29-39
- [Jon14] JONAS, H.: Eine Methode zur strategischen Planung modularer Produktprogramme. Dissertation, Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburger Schriftenreihe Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Band 6, Hamburg, 2014
- [Kag14] KAGERMANN, H.: Industrie 4.0 und die Smart Service Welt – Dienstleistungen für die digitalisierte Gesellschaft. In: BOES, A. (Hrsg.): Dienstleistung in der digitalen Gesellschaft – Beiträge zur Dienstleistungstagung des BMBF im Wissenschaftsjahr 2014. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 2014
- [KDM+18] KNOSPE, O.; DREWEL, M.; MITTAG, T.; PIERENKEMPER, C.; HOBSCHEIDT, D.: Leistungssteigerung durch Industrie 4.0 für kleine und mittlere Unternehmen. Zeitung für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 113 Jg., Nr. 1-2, 2018, S. 83-87
- [Kes02] KESPER, H.: Gestaltung von Produktvariantenspektren mittels matrixbasierter Methoden. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, Verlag Dr. Hut, Produktentwicklung, München, 2012

- [KG18] KRAUSE, D.; GEBHARDT, N.: Methodische Entwicklung modularer Produktfamilien – Hohe Produktvielfalt beherrschbar entwickeln. Springer Vieweg, Berlin, 2018
- [Kip12] KIPP, T.: Methodische Unterstützung der variantengerechten Produktgestaltung. Dissertation. Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburger Schriftenreihe Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Band 4, Hamburg 2012
- [KJ06] KLEINALTENKAMP, M.; JACOB, F.: Grundlagen der Gestaltung des Leistungsprogramms. In: KLEINALTENKAMP, M.; PLINKE, W.; JACOB, F.; SÖLLNER, A. (Hrsg.): Markt- und Produktmanagement. Gabler, Wiesbaden, 2006, S. 3-82
- [KKG+14] KOCH, V.; KUGE, S.; GEISSBAUER, R.; SCHRAUF, S.: Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. Strategy&, PricewaterhouseCoopers (PWC), Frankfurt, München, 2014
- [KKJ09] KIRNER, E.; KINKEL, S.; JAEGER, A.: Innovation paths and the innovation performance of low-technology firms – An empirical analysis of German industry. Research Policy, Vol. 38, No. 3, 2009, pp. 447-458
- [KKO17] KOTLER, P.; KELLER, K. L.; OPRESNIK, M. O.: Marketing-Management: Konzepte – Instrumente - Unternehmensfallstudien. 15. Auflage, Pearson Studium, München, 2017
- [KL13] KREUTZER, R. T.; LAND, K.-H.: Digitaler Darwinismus – Der stille Angriff auf Ihr Geschäftsmodell und Ihre Marke. Springer Gabler, Wiesbaden, 2013
- [Koh07] KOHLS, C.: Design Patterns zur Dokumentation von Erfahrungswissen. Institut für Wissensmedien, Tübingen, 2007
- [Köc04] KÖCKERLING, M.: Methodische Entwicklung und Optimierung der Wirkstruktur mechatronischer Produkte. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 143, Paderborn, 2004
- [Kös14] KÖSTER, O.: Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentwicklung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 326, Paderborn, 2014
- [KRH+15] KAGERMANN, H.; RIEMENSBERGER, F.; HOKE, D.; SCHUH, G.; SCHEER, A.-W.; SPATH, D.; LEUKERT, B.; WAHLSTER, W.; ROHLER, B.; SCHWEER, D. (Hrsg.): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht Langversion, Berlin, 2015
- [KRW+16] KAGERMANN, H.; RIEMENSBERGER, F.; WECKESSER, P.; JOOST, G.; LEUKERT, B.; WAHLSTER, W. (Hrsg.): Smart Service Welt: Digitale Serviceplattformen – Praxiserfahrungen aus der Industrie, Best Practices. Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, München, 2016
- [KS08] KOHLS, C.; SCHEITER, S.: The Psychology of Patterns. Proceedings of the 2008 conference on Pattern Languages of Programs (PLoP). Nashville, Tennessee, 2008
- [KST+84] KANO, N.; SERAKU, N.; TAKAHASHI, F.; TSUJI, S.: Attractive Quality and Must be Quality. Quality Journal, Vol. 14, No. 2, 1984, pp. 39-48
- [Küh16] KÜHN, A.: Systematik zur Realease-Planung intelligenter technischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 370, Paderborn, 2016
- [Kun05] KUNZ, A.: Planung variantenreicher Produkte. Dissertation, Departemente für Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Zürich, 2005
- [KWH13] KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (Hrsg.): Deutschland als Produktionsstandort sichern – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, 2013

- [KW18-ol] KAGERMANN, H.; WINTER, J.: Die zweite Welle der Digitalisierung – Deutschlands Chance. Unter: <https://deutschland-und-die-welt-2030.de/de/beitrag/die-zweite-welle-der-digitalisierung-deutschlands-chance/>, 17. April 2019
- [Lan94] LANGE, V.: Technologische Konkurrenzanalyse – Zur Früherkennung von Wettbewerbsinnovationen bei deutschen Großunternehmen. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1994
- [Las06] LASSMANN, W. (Hrsg.): Wirtschaftsinformatik – Nachschlagewerk für Studium und Praxis. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2006
- [LB15] LEMKE, C.; BRENNER, W.: Einführung in die Wirtschaftsinformatik – Band 1: Verstehen des digitalen Zeitalters. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2015
- [LC00] LINDER, J. C.; CANTRELL, S.: Changing Business Models – Surveying the Landscape. Accenture Institute for Strategic Change, Hamilton, 2000
- [Lee08] LEE, E. A.: Cyber-Physical Systems: Design Challenges. Technical Report No. UCB/EECS-2008-8, Electrical Engineering and Computer Science, University of California at Berkeley, Berkeley, USA, 2008
- [Leh14] LEHNER, M.: Verfahren zur Entwicklung geschäftsmodell-orientierter Diversifikationsstrategien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 324, Paderborn, 2014
- [Leh16] LEHNER, A.-C.: Systematik zur musterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 359, Paderborn, 2016
- [Lei15] LEIMEISTER, J. M.: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 12. Auflage, Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2015
- [Lin08] LINDGREN, M.: Towards A Capability Model For Release Planning Of Software Intensive Systems. Dissertation, Mälardalen University Press, Band 67, 2008
- [Lin09] LINDEMANN, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 3. Auflage, Springer, Dordrecht u.a., 2009
- [LLL17] LEWRICK, M.; LINK, P.; LEIFER, L.: Das Design Thinking Playbook. 2. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München, 2017
- [LLS16] LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P.; SCHODER, D.: Wirtschaftsinformatik – Eine Einführung. 3. Auflage, Pearson Education, Hallbergmoos, 2016
- [LM05] LABBÉ, M.; MAZET, T.: Die Geschäftsmodellinnovations-Matrix: Geschäftsmodellinnovationen analysieren und bewerten. Der Betrieb, Heft 17, 2005, S. 897-902
- [LMB09] LINDEMANN, U.; MAURER, M.; BRAUN, T.: Structural Complexity Management – An Approach for the Field of Product Design. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009
- [Loe06] LOEBBECKE, C.: Digitalisierung – Technologien und Unternehmensstrategien. In: SCHOLZ, C. (Hrsg.): Handbuch Medienmanagement. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006, S. 357-373
- [LSB+15] LICHTBLAU, K.; STICH, V.; BERTENRATH, R.; BLUM, M.; BLEIDER, M.; MILLACK, A.; SCHMITT, K.; SCHMITZ, E.; SCHRÖTER, M.: Industrie 4.0 Readiness. Impuls Stiftung des VDMA, Aachen, Köln, 2015
- [Mal91] MALERI, R.: Grundlagen der Dienstleistungsproduktion. 2. Auflage, Berlin, Heidelberg, 1991
- [Mas09] MASAK, D.: Digitale Ökosysteme – Serviceorientierung bei dynamisch vernetzten Unternehmen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009
- [Mau07] MAURER, M.: Structural Awareness in Complex Product Design. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, Verlag Dr. Hut, München, 2007

- [MBB17] MERTENS, P.; BARBIAN, D.; BAIER, S.: Digitalisierung und Industrie 4.0 – eine Relativierung. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2017
- [MBE+16] MATZLER, M.; BAILOM, F.; VON DEN EICHEN, S. F.; ANSCHÖBER, M.: Digital Disruption – Wie Sie Ihr Unternehmen auf das digitaler Zeitalter vorbereiten. Verlag Franz Vahlen, München, 2016
- [MBH15] MEFFERT, H.; BRUHN, M.; HADWICH, K.: Dienstleistungsmarketing: Grundlagen – Konzepte – Methoden. 8. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015
- [MBK15] MEFFERT, H.; BURMANN, C.; KIRCHGEORG, M.: Marketing – Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung: Konzepte - Instrumente - Praxisbeispiele. 12. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2015
- [MBW10] MANDL, P.; BAKOMENKO, A.; WEISS, J.: Grundkurs Datenkommunikation – TCP/IP-basierte Kommunikation: Grundlagen, Konzepte und Standards. 2. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2010
- [McK15] MCKINSEY & COMPANY: Industrie 4.0 – How to navigate digitization of the manufacturing sector. McKinsey Digital, Düsseldorf u.a., 2015
- [Men75] MENSCH, G.: Das technologische Patt – Innovationen überwinden die Depression. Umschau Verlag, Frankfurt a. M., 1975
- [Met16] METZLER, T.: Models and Methods for Systematic Integration of Cognitive Functions into Product Concepts. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, Verlag Dr. Hut, München, 2016
- [Mey17] MEYER, J.-U.: Digitale Disruption – Die nächste Stufe der Innovation. 2. Auflage, Business Village, Göttingen, 2017
- [MU12] MEIER, H.; UHLMANN, E.: Hybride Leistungsbündel – ein neues Produktverständnis. In: MEIER, H.; UHLMANN, E. (Hrsg.): Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen – Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2012, S. 1-21
- [MUK05] MEIER, H.; UHLMANN, E.; KORTMANN, D.: Hybride Leistungsbündel – Nutzenorientiertes Produktverständnis durch interferierende Sach- und Dienstleistungen. wt – Werkstattstechnik online, 95. Jg., Nr. 7/8, 2005, S. 528-532
- [Mül13] MÜLLER, D.: Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure. 2. Auflage, Springer Gabler, Berlin, Heidelberg, 2013
- [Müh08] MÜHLHÄUSER, M.: Smart Products: An Introduction. In: MÜHLHÄUSER, M.; FERSCHA, A.; AITENBICHLER, E. (Ed.): Constructing Ambient Intelligence – Aml 2007 Workshops, Darmstadt, Germany, November 7-10, 2007, Revised Papers. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008
- [MV08] MAASS, W.; VARSHNEY, U.: Preface to the Focus Theme Section: “Smart Products”. Electronic Markets, Vol. 18, No. 3, 2008, pp. 211-215
- [Nem11] NEMETH, A.: Geschäftsmodellinnovation – Theorie und Praxis der erfolgreichen Realisierung von strategischen Innovationen in Großunternehmen. Dissertation. Universität St. Gallen, Hochschule für Wirtschafts-, Rechts und Sozialwissenschaften sowie Internationale Beziehungen (HSG), St. Gallen, 2011
- [Neu02] NEUHAUSEN, J.: Methodik zur Gestaltung modularer Produktionssysteme für Unternehmen der Serienproduktion. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 2002
- [NMS16] NOVALES, A.; MOCKER, M.; SIMONOVICH, D.: IT-enriched ‘Digitized’ Products – Building Blocks and Challenges. Proc. 22nd Americas Conference on Information Systems (AMCIS), San Diego, USA, 11-14 August, 2016

- [NZN+16] NOLL, E.; ZISLER, K.; NEUBURGER, R.; EBERSPÄCHER, J.; DOWLING, M.: Neue Produkte in der digitalen Welt. BoD – Books on Demand, Norderstedt, 2016
- [Obel17] OBERMAIER, R.: Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe: Strategische und operative Handlungsfelder für Industriebetriebe. In: OBERMAIER, R. (Hrsg.): Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe – Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen. Springer Gabler Verlag, 2. Auflage, Wiesbaden, 2017, S. 3-34
- [OP11] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business Model Generation – Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 2010
- [OPB+15] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; BERNARDA, G., SMITH, A.: Value Proposition Design. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 2015
- [Opp98] OPPERMANN, R.: Marktorientierte Dienstleistungsinnovation – Besonderheiten von Dienstleistungen und ihre Auswirkungen auf eine abnehmerorientierte Innovationsgestaltung. GHS, Göttingen, 1998
- [Ost04] OSTERWALDER, A.: The Business Model Ontotoly – A Proposition in a Design Science Approach. Dissertation, Faculty of Business and Economics, University of Lausanne, 2004
- [OW08] OESTEREICH, B.; WEISS, C.: APM – Agiles Projektmanagement: Erfolgreiches Timeboxing für IT-Projekte. dpunkt.verlag, Heidelberg, 2008
- [PAC17] PARKER, G. G.; ALSTYNE, M. W. VAN; CHOUDARY, S. P.: Die Plattform-Revolution – Von Airbnb, Uber, PayPal und Co. lernen: Wie neue Plattform-Geschäftsmodelle die Wirtschaft verändern. mitp, Frechen, 2017
- [PBF+07] PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.: Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 7. Auflage, 2007
- [PBF+13] PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.: Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung. 8. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 2013
- [PD17] PÖPPELBUß, J.; DURST, C.: Smart Service Canvas – Ein Werkzeug zur strukturierten Beschreibung und Entwicklung von Smart-Service-Geschäftsmodellen. In: S. BRUHN, M.; HADWICH, K. (Hrsg.): Dienstleistungen 4.0: Geschäftsmodelle – Wertschöpfung – Transformation. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017, S. 90-111
- [Pei15] PEITZ, C.: Systematik zur Entwicklung einer produktlebenszyklusorientierten Geschäftsmodell-Roadmap. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 337, Paderborn, 2015
- [Pet16] PETRY, T.: Digital Leadership – Erfolgreiches Führen in Zeiten der Digital Economy. Haufe Gruppe, Freiburg, München, Stuttgart, 2016
- [Pfe75] PFETSCH, F. R.: Zum Stand der Innovationsforschung. Innovationsforschung als multidisziplinäre Aufgabe. Studien zum Wandel von Gesellschaft und Bildung im neunzehnten Jahrhundert, Vandenhoeck und Ruprecht, Band 14, Göttingen, 1975
- [PH14] PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E.: Wie smarte Produkte den Wettbewerb verändern. Harvard Business Manager, Dezember 2014, S. 34-61
- [PL11] PONN, J.; LINDEMANN, U.: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte: Optimierte Produkte – systematisch von Anforderungen zu Konzepten. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008
- [Pla18] PLANING, P.: Innovationsstrategien für die digitale Transformation von Industrieunternehmen. In: VÖLKER, R.; FRIESENHAHN, A. (Hrsg.): Innovationsmanagement 4.0: Grundlagen – Einsatzfelder – Entwicklungstrends. Kohlhammer, Stuttgart, 2018
- [PMG+17] POLS, A.; MÜTZE, B.; GRIMM, F.; MEYER, M.; MEINECKE, C.; GENTEMANN, L.: Digitale Transformation der Wirtschaft. 2. Auflage, bitkom research, Berlin, 2017

- [PMT04] PRECHT, M.; MEIER, N.; TREMEL, D.: EDV-Grundwissen – eine Einführung in Theorie und Praxis der modernen EDV. 7. Auflage, Addison-Wesley Verlag, München u.a., 2004
- [Pop15] POPESCU, G. H.: The economic value of the industrial internet of things. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, No. 2, 2015, pp. 86-91
- [Por14] PORTER, M. E.: Wettbewerbsvorteile – Spitzenleistungen erreichen und behaupten. 8. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2014
- [PS96] PLESCHAK, F.; SABISCH, H.: Innovationsmanagement. Schäffer-Poeschel, UTB, Stuttgart, 1996
- [PwC13] PRICEWATERHOUSECOOPERS: Digitale Transformation – der größte Wandel der industriellen Revolution. PwC, Frankfurt am Main, 2013
- [Rab19] RABE, M.: Systematik zur Konzipierung von Smart Services für mechatronische Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, 2019. Die Dissertation erscheint voraussichtlich im Winter 2019. Dem Autor sind die Ergebnisse bereits vorab bekannt und zugänglich, sodass für die vorliegende Arbeit darauf zurückgegriffen werden konnte.
- [Rei17] REINHART, G. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 – Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik. Carl Hanser Verlag, München, 2017
- [Rey13] REYMANN, R.: Verfahren zur Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Zukunftsszenarien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 307, Paderborn, 2012
- [RH09] RIJSDIJK, S. A.; HULTINK, E. J.: How Today's Consumers Perceive Tomorrow's Smart Products. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 26, No. 1, 2009, pp. 24-42
- [RN12] RUSSEL, S.; NORVIG, P.: Künstliche Intelligenz – Ein moderner Ansatz. 3. Auflage, Pearson, München, 2012
- [Rot82] ROTH, K.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Springer Verlag, Berlin, 1982
- [RT06] ROCHET, J.-C.; TIROLE, J.: Two-sided markets: a progress report. *RAND Journal of Economics*, Vol. 37, No. 3, Autumn 2006, pp. 645-667
- [RT14] RIGBY, D. K.; TAGER, S.: Leading a Digital<sup>SM</sup> Transformation. Bain & Company, Boston, New York, 2014
- [Rup88] RUPP, M.: Produkt-/Markt-Strategien – Handbuch zur marktsicheren Produkt- und Sortimentsplanung in Klein- und Mittelunternehmungen der Investitionsgüterindustrie. 3. Auflage, Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1988
- [Sab91] SABISCH, H.: Produktinnovation. C.E. Poeschel Verlag, Stuttgart, 1991
- [SAS12] SCHUH, G.; ARNOSCHT, J.; SCHIFFER, M.: Innovationscontrolling. In: SCHUH G. (Hrsg.) *Handbuch Produktion und Management 3*. 3. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2012
- [SB18] STEIMEL, B.; BUEHLER, K.: Digitale Dividende im Mittelstand. Rheinische Fachhochschule Köln, Mind Digital, AlixPartners, Iskander Business Partner, Deutsche Telekom, Köln u.a., 2018
- [SBK+11] SCHUH, G.; BOOS, W.; KAMPKER, A.; GARTZEN, U.: Strategie. In: SCHUH, G., KAMPKER, A. (Hrsg.): *Handbuch Produktion und Management 1 – Strategie und Management produzierender Unternehmen*. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 63-131
- [Sch03] SCHUMACHER, M.: Security Engineering with Patterns: Origins, Theoretical Model, and New Applications. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2003
- [Sch05] SCHUH, G.: Produktkomplexität managen: Strategien – Methoden – Tools. 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2005

- [Sch09] SCHWEITZER, E.: Lebenszyklusmanagement investiver Produkt-Service Systeme. In: AURICH, J. C.; CLEMENT, M. H. (Hrsg.): Produkt-Service Systeme – Gestaltung und Realisierung. Springer Verlag, Heidelberg u.a., 2009, S. 7-12
- [Sch14] SCHALLMO, D. R. A. (Hrsg.): Kompendium Geschäftsmodell-Innovation – Grundlagen, aktuelle Ansätze und Fallbeispiele zur erfolgreichen Geschäftsmodell-Innovation. Springer Gabler, Wiesbaden, 2014
- [Sch18] SCHNEIDER, M.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungs-systemen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlags-schriftenreihe, Band 386, Paderborn, 2018
- [Sch61] SCHUMPETER, J. A.: Konjunkturzyklen – Eine theoretische, historische und statistische Ana-lyse des kapitalistischen Prozesses. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1961
- [Sch84] SCHÖNE, A.: Digitaltechnik und Mikrorechner. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 1984
- [SD06] SPATH, D.; DEMUB, L.: Entwicklung hybrider Produkte – Gestaltung materieller und imma-terieller Leistungsbündel. In: BULLINGER, H.-J.; SCHEER, A.-W. (Hrsg.): Service Enginee-ring – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. 2. Auflage, Springer Ver-lag, Berlin, Heidelberg, 2006, S. 463-502
- [SD16] SPATH, D.; DANGELMAIER, M.: Produktentwicklung Quo Vadis. In: LINDEMANN, U. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München, 2016, S. 3-7
- [SE12] SPUR, G.; EBER, G. (Hrsg.): Produktionsinnovationen – Jahrbuch der inpro-Innovationsaka-demie 2011. Carl Hanser Verlag, München, 2012
- [SGK06] SCHEER, A.-W.; GRIEBLE, O.; KLEIN, R.: Modellbasiertes Dienstleistungsmanagement. In: BULLINGER, H.-J.; SCHEER, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering – Entwicklung und Gestal-tung innovativer Dienstleistungen. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006, S. 19-52
- [SGK08] STUMMER, C.; GÜNTHER, M.; KÖCK, A.: Grundzüge des Innovations- und Technologiema-nagements. Facultas Verlag, Wien, 2008
- [SGS+16] SCHUH, G.; GUDERGAN, G.; SENDEREK, R.; WAGNER, D.: Leistungssysteme. In: SCHUH, G.; GUDERGAN, G.; KAMPKER A. (Hrsg.): Management industrieller Dienstleistungen – Hand-buch Produktion und Management 8. 2. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2016, S. 105-140
- [SKN+09] SABOU, M.; KANTOROVITCH, J.; NIKOLOV, A.; TOKMAKOFF, A.; ZHOU, X.; MOTTA, E.: Posi-tion paper on realizing smart products: challenges for Semantic Web Technologies. CEUR Workshop Proceedings, 2009, pp. 135-147
- [SKO11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; ORILSKI, S.: Technologieplanung. In: SCHUH, G.; KLAPPERT S. (Hrsg.): Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 171-222
- [SKS+11] SCHUH, G.; KLAPPERT, S.; SCHUBERT, J.; NOLLAU, S.: Grundlagen zum Technologiema-nagement. In: SCHUH, G.; KLAPPERT S. (Hrsg.): Technologiemanagement – Handbuch Produktion und Management 2. 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011, S. 33-54
- [SLN+12] SCHUH, G., LENDERS, M.; NUBBAUM, C.; RUDOLF, S.: Produktarchitekturgestaltung. In: SCHUH G. (Hrsg.): Innovationsmanagement – Handbuch Produktion und Management 3. 2. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2012, S. 115-160
- [SLS11] SPATH, D.; LINDNER, C.; SEIDENSTRICKER, S.: Technologiemanagement – Grundlagen, Kon-zepte, Methoden. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2011
- [SMR10] SABATIER, V.; MANGEMATIN, V.; ROUSSELLE, T.: From Recipe to Dinner: Business Model Portfolios in the European Biopharmaceutical Industry. Long Range Planning, Vol. 43, No. 2-3, pp. 431-447

- [Spu98] SPUR, G.: Technologie und Management. Fachbuchverlag Leipzig, Leipzig, 1998
- [SR17] SCHALLMO, D.; RUSNJAK, A.: Roadmap zur Digitalen Transformation von Geschäftsmodellen. In: SCHALLMO, D.; RUSNJAK, A.; ANZENGRUBER, J.; WERANI, T.; JÜNGER, M. (Hrsg.): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen – Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Springer Gabler, Wiesbaden, 2017
- [SRK18] SCHALLMO, D.; REINHART, J.; KUNTZ, E. (Hrsg.): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen erfolgreich gestalten – Trends, Auswirkungen und Roadmap. Springer Gabler, Wiesbaden, 2018
- [SS14] SIEMERS, C.; SIKORA, A.: Taschenbuch Digitaltechnik. 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München 2014
- [Stä02] STÄHLER, P.: Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie: Merkmale, Strategien und Auswirkungen. 2. Auflage, Josef Eul Verlag, Köln-Lohmar, 2002
- [Ste04] STELZER, D.: Produktion digitaler Güter. In: BRÄBLER, A.; CORSTEN, H. (Hrsg.): Entwicklungen im Produktionsmanagement. Verlag Franz Vahlen, München, 2004, S. 233-250
- [Ste18] STELTEMEIER, R.: Chancen für nachhaltige Entwicklung durch Digitalisierung. In: SANGMEISTER, H.; WAGNER, H. (Hrsg.): Entwicklungszusammenarbeit 4.0 – Digitalisierung und globale Verantwortung. Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden, 2018, S. 33-56
- [Ste81] STEWARD, D. V.: The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems. IEEE Transaction on Engineering Management, Vol. 28, No. 3, 1981, pp. 71-74
- [Str07] STREBEL, H.: Innovations- und Technologiemanagement. 2. Auflage, Facultas Verlag, Wien, 2017
- [Str15] STREIBICH, K.-H.: Softwareindustrie im Umbruch: Das digitale Unternehmen der Zukunft. In: LINNHOFF-POPIEN, C.; ZADDACH, M.; GRAHL, A. (Hrsg.): Marktplätze im Umbruch – Digitale Strategien für Services im Mobilen Internet. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2015
- [Str98] STUBE, G.: Modelling Motivation and Action Control in Cognitive Systems. In: SCHMID, U.; KREMS, J.; WYSOCKI, F. (Ed.): Mind Modelling. Pabst, Berlin, 1998, pp. 89-108
- [Suh93] SUHM, A.: Produktmodellierung in wissensbasierten Konstruktionssystemen auf Basis von Lösungsmustern. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Karlsruhe, Reihe Konstruktionstechnik, Verlag Shaker, Aachen, 1993
- [TC98] TEUFELSDORFER, H.; CONRAD, A.: Kreatives Entwickeln und innovatives Problemlösen mit TRIZ/TIPS. Publicis MCD Verlag, Erlangen, München, 1998
- [Tro07] TROMMSDORFF, V.: Produktpositionierung. In: ALBERS, S.; HERRMANN, A. (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement. 3. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2007, S. 341-362
- [TZZ98] TERNINKO, J.; ZUSMAN, A.; ZLOTIN, B.: TRIZ – Der Weg zum konkurrenzlosen Erfolgsprodukt: Ideen produzieren, Nischen besetzen Märkte gewinnen (Deutsche Übersetzung von Dr. ROLF HERB). verlag moderne industrie, Lansberg/Lech, 1998
- [Vah03] VAHS, D.: Entwicklung einer Geschäftsidee. In: PEPELS, W.; HELMKE, S.; JUGEL, S.; KEMPF, D.; KLINGEBIEL, N.; KRUSE, C.; LÖTTERS, C.; PULTE, P.; REESE, J.; ROTHE-STELZER, T.; HORST K. W.; UEBEL, M.; VAHS, D.; VOLLMUTH, H. J.; WASMAYR, B.; WIRTZ, H. (Hrsg.): BWL-Wissen zur Existenzgründung. expert verlag, Renningen, 2003
- [Van93] VANDERMERVE, S.: Jumping into the Customer activity cycle – a new role for customer services in the 1990s. Columbia Journal of World Business, Vol. 28, No. 2, 1993, pp. 46-65
- [VB05] VAHS, D.; BURMESTER, R.: Innovationsmanagement – Von der Produktidee bis zur erfolgreichen Vermarktung. 3. Auflage, Schaeffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2005

- [VB15] VAHS, D.; BREM, A.: Innovationsmanagement: Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung. 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2015
- [VBT17] VOGEL-HEUSER, B.; BAUERNHANSL, T.; TEN HOMPEL, M. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4 – Allgemeine Grundlagen. 2. Auflage, Springer Vieweg, Berlin, 2017
- [Vöh03] VÖHRINGER, B.: Computergestützte Führung in Kommunalverwaltung und -politik – Steuerung mit New Public Management und Informationstechnologie. Dissertation, Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Universität Hohenheim, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2004
- [VDI2206] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI): Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. VDI 2206, Beuth, Berlin, 2004
- [VDI4521] VEREIN DEUTSCHE INGENIEURE (VDI): Erfinderisches Problemlösen mit TRIZ – Grundlagen und Begriffe. VDI 4521, Beuth Verlag, 2016
- [Web17] WEBER, H.: Digitalisierung technisch. In: WEBER, H.; VIEHMANN, J. (Hrsg.): Unternehmens-IT für die Digitalisierung 4.0 – Herausforderungen, Lösungsansätze und Leitfäden. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2017, S. 15-30
- [Wen13] WENDT, S.: Strategisches Portfoliomanagement in dynamischen Technologiemarkten – Entwicklung einer Portfoliomanagement-Konzeption für TIME-Unternehmen. Dissertation, Fakultät für Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, Universität Bamberg, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2013
- [Wer09] WERANI, T.: Produktpositionierung und Präferenzmessung. In: GAUBINGER, K.; WERANI, T.; RABL, M. (Hrsg.): Praxisorientiertes Innovations- und Produktmanagement – Grundlagen und Fallstudien aus B-to-B-Märkten. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009, S. 115-126
- [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
- [Wir03] WIRTZ, B.W.: Mergers & Acquisitions Management – Strategie und Organisation von Unternehmenszusammenschlüssen. Gabler, Wiesbaden, 2003
- [Wir18] WIRTZ, B. W.: Business Model Management: Design – Instrumente – Erfolgsfaktoren von Geschäftsmodellen . 4. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2018
- [WKS13] WARSCHAT, J.; KORELL, M.; SCHMITZ, M.: Semantik im Technologie-Monitoring – Konzepte, Prozesse und Werkzeuge. In: GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 5.-6. Dezember 2013, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 338, Paderborn, 2013, S. 37-52
- [Yas18-ol] YASKAWA EUROPE GMBH: Mechatronics – a Yaskawa first. Unter: [https://www.yaskawa.se/en/news-events/news/article/news/mechatronics-a-yaskawa-first/?tx\\_news\\_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx\\_news\\_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=422f74815a9a61f674bec1549dbd0f59](https://www.yaskawa.se/en/news-events/news/article/news/mechatronics-a-yaskawa-first/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=422f74815a9a61f674bec1549dbd0f59), zuletzt abgerufen am: 5. September 2018
- [YBL+12] YOO, Y.; BOLAND, R. J.; LYYTINEN, K.; ANN, M.: Organizing for Innovation in the Digitized World. Organization Science, Vol. 23, No. 5, 2012, pp. 1398-1408
- [ZAM11] ZOTT, C.; AMIT, R.; MASSA, L.: The Business Model – Recent Developments and Future Research. Journal of Management, Vol. 37, No. 4, 2011, pp. 1019-1042
- [ZF16] FENG, Z.; FURR, N.: Der Wachstumsturbo. Harvard Business Manager, Juni 2016, S. 42-49
- [Zub88] ZUBOFF, S.: In The Age Of The Smart Machine: The Future Of Work And Power. Basic Books, New York, 1988
- [ZW95] ZAHN, E.; WEIDLER, A.: Integriertes Innovationsmanagement. In: ZAHN, E. (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1995



# Anhang

Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>A1 Ergänzungen zur Problemanalyse .....</b>	<b>A-1</b>
A1.1 Nutzelemente für B2B-Produkte nach ALMQUIST ET AL. ....	A-1
<b>A2 Ergänzungen zur Systematik.....</b>	<b>A-3</b>
A2.1 Übersicht über die Innovationsprinzipien der Digitalisierung .....	A-3
A2.2 Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads .....	A-10
A2.3 Beispiele für digitale Positionen im Digitalisierungsraum .....	A-12
A2.4 Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads.....	A-13
A2.5 Rechnerische Unterstützung zur Erstellung der Szenario-Roadmap..	A-15
A2.6 Steckbriefe für Digitalisierungsoptionen in den Dimensionen Dienstleistung und Geschäftsmodell.....	A-19



# A1 Ergänzungen zur Problemanalyse

## A1.1 Nutzelemente für B2B-Produkte nach ALMQUIST ET AL.

In Ergänzung zu den 30 Nutzelementen für B2C-Produkte, stellen ALMQUIST ET AL. auch 40 Nutzelemente für B2B-Produkte bereit [ACS18, S. 51]. Die Elemente sind in Bild A-1 gegeben.

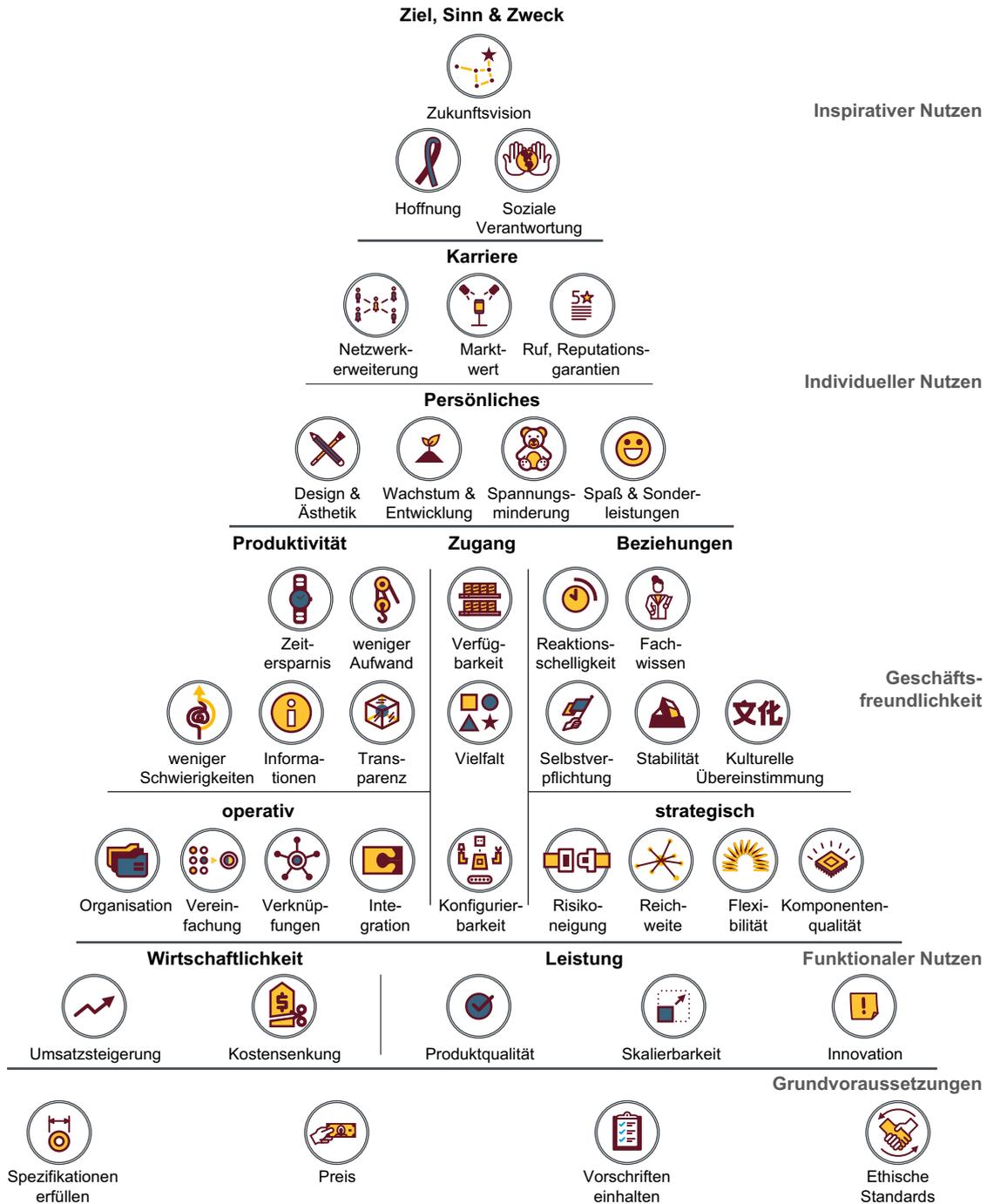


Bild A-1: Nutzelemente für B2B-Produkte nach ALMQUIST ET AL. [ACS18, S. 51]



## A2 Ergänzungen zur Systematik

### A2.1 Übersicht über die Innovationsprinzipien der Digitalisierung

Die Tabellen A-1 bis A-7 geben eine Übersicht über die im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten Innovationsprinzipien der Digitalisierung in Form einer Liste.

*Tabelle A-1: Liste mit den entwickelten Innovationsprinzipien der Digitalisierung, Stoßrichtung „Produktzentrierte Digitalisierung“, Kategorie „Substitution analoger Technologien“*

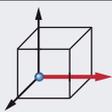
Nr.	Innovationsprinzip	Kurzbeschreibung	Beispiele
<b>1</b>	<b>Produktzentrierte Digitalisierung</b>		
<b>1.1</b>	<b>Substitution analoger Technologien</b>		
1.1.1	 <b>Digitalisierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI)</b>	Analoge Anzeigeeinstrumente und Eingabegeräte werden durch digitale Anzeigeeinstrumente und Eingabegeräte ersetzt. Die technologische Bandbreite reicht dabei von vergleichsweise einfachen digitalen Anzeigen über Touchscreens bis hin zu fortgeschrittenen Natural User Interfaces, z.B. Sprach- und Gestensteuerung, virtuellen Bedienoberflächen etc.	Volkswagen, Lenovo, Apple,
1.1.2	 <b>Substitution von Hardware- durch Softwarevarianten</b>	Die Hardwarevarianten eines Produkts werden durch Softwarevarianten substituiert. Die Produkte werden so ausgelegt, dass sie einen breiten Eigenschaftsbereich abdecken. Durch Softwareeinstellungen werden dann unterschiedliche Eigenschaftskonfigurationen vorgenommen. Auf diese Weise wird die physische Variantenvielfalt reduziert, was zu einer erheblichen Senkung des Aufwands in der Beschaffung, Produktion, Lagerhaltung etc. führt.	John Deere, Lenze, Grundfos
1.1.3	 <b>Digitalisierung der Abrechnung</b>	Die Abrechnung von Produkten bzw. mit ihnen verbundenen Geschäften wird über digitale Bezahlverfahren, sog. ePayment-Verfahren, realisiert und so weit wie möglich automatisiert. Dabei kann der Kunde zwischen verschiedenen Verfahren wählen (z.B. PayPal, elektronische Lastschriftverfahren, Telefon- und Handypayment etc.), wodurch Flexibilität und Komfort erhöht werden.	Heller, Tesla, H&M
1.1.4	 <b>Digitalisierung von Papierdokumenten</b>	In Papierform gespeicherte Informationen werden digitalisiert und für die Ansicht und Bearbeitung auf digitalen Endgeräten wie Laptops, Tablets oder Smartphones zur Verfügung gestellt. Häufig wird auch das Produkt selbst mit digitalen Anzeigeeinstrumenten wie Displays ausgestattet, auf denen die Informationen dann dargestellt werden.	Volkswagen, Rimowa, Die Zeit
1.1.5	 <b>Digitalisierung analoger Abbilder</b>	Analoge Abbilder der Realität werden durch Technologien wie Digitalkameras in digitale Daten überführt. Die Daten stehen in der Folge zur Ansicht und Bearbeitung bereit und können gespeichert, vervielfältigt oder übertragen werden. Sie sind ortsunabhängig und können von beliebig vielen Personen gleichzeitig genutzt werden.	Audi, Google, hama
1.1.6	 <b>Durchführung von Produkt-Updates over the air</b>	Produkte erhalten eine Anbindung an globale Datennetze wie das Internet und werden auf diese Weise digital anschlussfähig. Über die Netzwerkanbindung wird es ermöglicht, Firmware- bzw. Betriebssystem-Updates auf das Produkt aufzuspielen. Dabei können bei Bedarf mehrere Produkte im Feld gleichzeitig aktualisiert werden. Ein Vor-Ort-Eingriff durch einen Servicetechniker ist nicht erforderlich.	Tesla, Apple, Caterpillar
1.1.7	 <b>Auslagerung von Funktionen in die Cloud</b>	Funktionen, die zuvor in ein Produkt eingebettet waren, werden in eine Cloud ausgelagert. Unter einer Cloud (Rechenwolke) ist dabei eine IT-Infrastruktur zu verstehen, die über das Internet verfügbar gemacht wird und Speicherplatz, Rechenleistung und/oder Anwendungssoftware bereitstellt. Durch die Auslagerung in die Cloud können auf Seiten des Produkts kostenintensive Komponenten eingespart werden, die für die Realisierung der Funktionen erforderlich wären.	amazon, Kone, Shadow

Tabelle A-2: Liste mit den entwickelten Innovationsprinzipien der Digitalisierung, Stoßrichtung Produktzentrierte Digitalisierung, Kategorie „Steigerung der Intelligenz“

Nr.	Innovationsprinzip	Kurzbeschreibung	Beispiele
<b>1</b>	<b>Produktzentrierte Digitalisierung</b>		
<b>1.2</b>	<b>Steigerung der Intelligenz</b>		
1.2.1	 <b>Analyse der Eingangsgrößen</b>	Das Produkt analysiert die Eingangsgrößen, die es im Rahmen seiner Aufgabenerfüllung (Funktionsumsetzung) in Ausgangsgrößen transformiert, stellt sie für den Nutzer bereit und gibt ihm Handlungsempfehlungen auf Basis der Analyseergebnisse. Die Eingangsgrößen können grundsätzlich den Bereichen Energie, Stoff und/oder Signal entstammen.	ai-solution, Duravit, Alphabet/Novartis
1.2.2	 <b>Analyse der Ausgangsgrößen</b>	Das Produkt analysiert die Ausgangsgrößen, die es im Rahmen seiner Aufgabenerfüllung (Funktionsumsetzung) erzeugt, stellt sie für den Nutzer bereit und gibt ihm Handlungsempfehlungen auf Basis der Analyseergebnisse. Die Analyseergebnisse können auch zur Selbstoptimierung des Produkts genutzt werden. Bei den Ausgangsgrößen kann es sich prinzipiell um Energie-, Stoff- und/oder Signalflüsse handeln.	WP Kemper, Makino, Klingelberg
1.2.3	 <b>Analyse der Zustandsgrößen</b>	Das Produkt erfasst und analysiert kontinuierlich Größen, die Auskunft über seinen Systemzustand geben. Weichen die ermittelten Zustandsgrößen von zuvor definierten Soll-Größen ab, deutet dies auf einen zeitnahen Ausfall des Produkts hin. In diesem Fall gibt das Produkt eine Warnmeldung an den Nutzer aus.	Schaeffler, Continental, Boge
1.2.4	 <b>Eliminierung von Störgrößen</b>	Das Produkt erkennt etwaige Störgrößen und passt sein Verhalten so darauf an, dass die Störgrößen eliminiert bzw. reduziert werden. Bei den Störgrößen kann es sich sowohl um produktinduzierte Störgrößen handeln, d.h. das Produkt über Störgrößen auf sein Umfeld aus, als auch um umfeldinduzierte Störgrößen, d.h. das Umfeld übt Störgrößen auf das Produkt aus.	Bose, Audi, Huawei
1.2.5	 <b>Authentifizierung des Nutzers</b>	Das Produkt erkennt den Nutzer und erteilt bzw. verweigert ihm entsprechende Zutritts- und Zugriffsrechte. Die Authentifizierung des Nutzers kann dabei anhand verschiedener biometrischer Merkmale erfolgen, z.B. Fingerabdruck, Gesicht, Muster der Iris, Stimme etc.	Apple, Hörmann, ING-Bank
1.2.6	 <b>Authentifizierung von Komponenten</b>	Das Produkt erkennt seine Komponenten und ist in der Lage zu unterscheiden, ob es sich um originale oder plagierte Bauteile handelt. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass beispielsweise nur Ersatzteile oder Verbrauchsmaterialien des Herstellers in Kombination mit dem Produkt verwendet werden. Die Identifikation der Komponenten erfolgt mit Hilfe digitaler Technologien wie RFID, NFC etc.	Hewlett-Packard, Stratasys, Polo
1.2.7	 <b>Adaption an das Produktumfeld</b>	Das Produkt erkennt, in welchem Umfeld es agiert bzw. ob Änderungen in seinem Umfeld auftreten. Ausgehend davon passt es sein Verhalten selbstständig an, indem es bestimmte Systemparameter gezielt modifiziert. Eine manuelle Änderung der Systemparameter bzw. Systemeinstellungen durch den Nutzer ist nicht erforderlich.	Hankook, Hella, sleep number
1.2.8	 <b>Anpassung an das Nutzerverhalten</b>	Das Produkt erkennt das Nutzungs- und Bedienvverhalten des Anwenders, identifiziert im Laufe der Zeit gewisse Vorlieben und passt sich dann daran an. Führt der Nutzer beispielsweise eine Aktion immer an einem bestimmten Tag zu einer bestimmten Uhrzeit durch, unterbreitet das Produkt automatisch einen entsprechenden Vorschlag zur Durchführung der Aktion zu diesem Zeitpunkt.	Mercedes-Benz, Netflix, Microsoft
1.2.9	 <b>Selbstlernen des Produkts</b>	Das Produkt ist in der Lage, eigenständig zu lernen. Das Systemverhalten ist nicht starr vorgegeben, sondern verändert sich über die Zeit mit dem Ziel, eine Verbesserung der Eigenschaften herbeizuführen. Dazu werden Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) wie maschinelles Lernen eingesetzt. Hierbei generiert das Produkt Wissen aus Erfahrung, d.h. es lernt aus Beispielen und kann diese nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern.	Google Nest, Bosch, Siemens

1.2.10	 <b>Individualisierung der Bedienoberfläche</b>	Das Produkt verfügt über eine digitale Bedienoberfläche (Graphical User Interface – GUI), die durch den Nutzer individuell eingerichtet und angepasst werden kann. Dadurch können besonders häufig benutzte Bedienelemente oder Applikationen so positioniert werden, dass der Nutzer schnell und intuitiv auf sie zugreifen kann.	Apple, Mercedes-Benz, DMG MORI
1.2.11	 <b>Digitales Freischalten von Produktfeatures</b>	Features, die bereits ab Werk integriert aber zum Zeitpunkt des Produktverkaufs noch deaktiviert sind, werden nachträglich über ein Software-Update freigeschaltet. Dabei können die Features dauerhaft oder auch nur für einen bestimmten Zeitraum aktiviert werden. Die Freischaltung der Features ist in der Regel an eine monetäre Kompensation geknüpft.	Tesla, BMW, Audi

Tabelle A-3: Liste mit den entwickelten Innovationsprinzipien der Digitalisierung, Stoßrichtung „Produktzentrierte Digitalisierung“, Kategorie „Bildung von Produktsystemen“

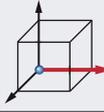
Nr.	Innovationsprinzip	Kurzbeschreibung	Beispiele
<b>1</b>	<b>Produktzentrierte Digitalisierung</b>		
<b>1.3</b>	<b>Bildung von Produktsystemen</b>		
1.3.1	 <b>Kopplung von Produkten zu Produktflotten</b>	Einzelne Produkte werden untereinander vernetzt und zu Produktsystemen gekoppelt. Die Produkte kommunizieren und kooperieren miteinander und erledigen ihre Aufgaben eigenständig im Systemverbund. Sofern erforderlich, wird die Systemgrenze dabei flexibel erweitert oder reduziert. Durch die Vernetzung werden gänzlich neue Funktionen ermöglicht, die über die Funktionalität der Einzelprodukte weit hinausgeht.	Kinze/Jaybridge, Daimler Trucks, Omron
1.3.2	 <b>Auslagerung der Steuerung auf Drittgeräte</b>	Die Steuerung des Produkts wird auf ein Drittgerät wie ein Smartphone oder eine Smartwatch ausgelagert. Dazu wird das Produkt drahtlos mit dem Drittgerät vernetzt, z.B. über Kommunikationsstandards wie WLAN oder Bluetooth. Die Steuerung erfolgt dann in der Regel über eine Softwareapplikation (App) auf dem Drittgerät, die der Nutzer herunterladen und installieren muss.	BMW, Siemens, novoferm
1.3.3	 <b>Funktionsrealisierung durch Einbindung externer Produkte</b>	Bestimmte Funktionen eines Produkts werden durch die Einbindung externer digitaler Produkte wie Smartphones realisiert. Beispielsweise wird das Smartphone genutzt, um Informationen auf dem Display anzuzeigen, über die Lautsprecher auszugeben oder das Mikrofon aufzunehmen. Dadurch können auf Seiten des Produkts Komponenten eingespart werden, was zu einer Reduktion der Herstellkosten führt.	FenSens, KSB, Olympus
1.3.4	 <b>Schaffung eines Betriebssystems für alle Produkte</b>	Die unterschiedlichen Produkte eines vernetzten Produktsystems werden mit dem selben Betriebssystem ausgestattet. Auf diese Weise kann der Nutzer alle Produkte auf die gleiche Art und Weise bedienen. Darüber hinaus ist es häufig möglich, von allen Produkten aus auf die gleichen Daten, Programme und Einstellungen zuzugreifen.	DMG MORI, Apple, Microsoft
1.3.5	 <b>Automatische Steuerung von Produkten durch andere Produkte</b>	Das Produkt steuert automatisch ein anderes Produkt bzw. wird automatisch von einem anderen Produkt gesteuert. Dazu kommuniziert es mit diesem und tauscht in Echtzeit die erforderlichen Steuerungsinformationen aus. Eine manuelle Steuerung bzw. Bedienung des Produkts durch den Nutzer entfällt oder wird auf ein erforderliches Minimum reduziert.	Felss, Miele, Homag
1.3.6	 <b>Automatische Integration eines Produkts in ein Produktsystem</b>	Ein Produkt wird automatisch in ein vernetztes Produktsystem integriert. Das Produkt wird vom System selbstständig erkannt, eingegliedert und in Betrieb genommen. Ein manueller Integrations- und Programmieraufwand ist nicht erforderlich. Der Nutzer kann das Produkt direkt nach dem Integrationsprozess in vollem Umfang verwenden.	Lenze, Microsoft, eQ3
1.3.7	 <b>Optimierung von Produktsystemen</b>	Die Produkte eines Produktsystems kommunizieren und kooperieren miteinander mit dem Ziel, das Verhalten des Gesamtsystems zu optimieren, z.B. Realisierung von Produktivitätssteigerungen, Kosteneinsparungen etc. Dabei ist es unter Umständen möglich, dass das lokale Verhalten eines Einzelprodukts verschlechtert wird, um das globale Verhalten des Gesamtsystems zu verbessern.	Kässbohrer, Kaeser, Dematic

Tabelle A-4: Liste mit den entwickelten Innovationsprinzipien der Digitalisierung, Stoßrichtung „Dienstleistungsfokussierte Digitalisierung“, Kategorie „Digitalisierung klassischer Services“

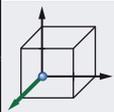
Nr.	Innovationsprinzip	Kurzbeschreibung	Beispiele
<b>2</b>	<b>Dienstleistungsfokussierte Digitalisierung</b>		
<b>2.1</b>	<b>Digitalisierung klassischer Services</b>		
2.1.1	 <b>Ferndiagnose bei Produktausfällen (Remote Service)</b>	Fällt ein Produkt aus oder meldet einen Fehler, schaltet sich ein Servicetechniker über eine Kommunikationsverbindung (z.B. das Internet) aus der Ferne auf, stellt eine Diagnose und behebt die Störung. Falls eine räumlich getrennte Fehlerbehebung nicht möglich ist, wird ein Servicetechniker zum Kunden geschickt, der das Problem vor Ort löst.	ABB, Trumpf, Haver & Boecker
2.1.2	 <b>Unterstützung von Servicetechnikern durch mobile Endgeräte</b>	Die Servicetechniker werden mit einem mobilen Endgeräte ausgestattet, das sie bei ihren Einsätzen unterstützt. Die Techniker erhalten die Auftragsdaten sowie alle zur Auftragsdurchführung relevanten Informationen (z.B. Stücklisten, Explosionszeichnungen, Stücklisten etc.) auf das Endgerät. Darüber hinaus können sie Ersatzteilbestellungen vornehmen und den Serviceprozess über das Gerät abwickeln, z.B. den Servicebericht erstellen.	thyssenkrupp, Arburg, Winterhalter
2.1.3	 <b>Automatische Nachbestellung von Verbrauchsmaterial</b>	Das Produkt bestellt automatisch erforderliches Verbrauchsmaterial beim Hersteller nach, wenn dieses aufgebraucht ist bzw. ein Mindestbestand unterschritten ist. Alternativ kann der Kunde über eine digitale Schnittstelle am Produkt manuell neues Material anfordern. Beim Hersteller wird ein Bestellauftrag ausgelöst, der einen Auftragsabwicklungsprozess in Gang setzt.	Würth, Hewlett Packard, amazon
2.1.4	 <b>Automatische Nachbestellung von Ersatzteilen</b>	Das Produkt erkennt, wann ein Bauteil ausgetauscht werden muss und bestellt mit ausreichend Vorlaufzeit ein entsprechendes Ersatzteil beim Hersteller. Alternativ kann der Kunde über eine digitale Schnittstelle am Produkt manuell ein passendes Ersatzteil ordern. Beim Hersteller wird ein Bestellauftrag ausgelöst, der einen Auftragsabwicklungsprozess in Gang setzt. Ausfallzeiten werden auf diese Weise erheblich reduziert.	Engel, Trumpf, Oltrogge
2.1.5	 <b>Bereitstellung von standortbezogenen Diensten</b>	Den Kunden werden produktbezogene Dienstleistungen in Abhängigkeit ihres Standorts angeboten. Dazu wird der aktuelle Aufenthaltsort über mobile Endgeräte wie Smartphones erfasst. In Abhängigkeit der Position werden dann selektive Informationen oder Dienste anderer Art bereitgestellt, z.B. Produktneuheiten, Gutscheine etc. Oftmals werden hierbei auch weitere Personen- und Umgebungsdaten wie Alter oder Wetter berücksichtigt.	mymuesli, Lloyd, O2
2.1.6	 <b>Virtuelle Entscheidungsunterstützung beim Produktkauf</b>	Der Kunde wird bei seiner Entscheidung, ein Produkt zu kaufen, virtuell unterstützt. Dazu wird das Produkt mittels Technologien wie Augmented Reality in seinen späteren Einsatzort digital integriert. Darüber hinaus werden Funktionen des Produkts digital erklärt und vorgeführt. Auf diese Weise kann der Kunde bereits vor dem Kauf beurteilen, ob das Produkt seinen späteren Einsatzzweck in dem gewünschten Maße erfüllen wird.	Toshiba, Ikea, Mister Spex

Tabelle A-5: Liste mit den entwickelten Innovationsprinzipien der Digitalisierung, Stoßrichtung „Dienstleistungsfokussierte Digitalisierung“, Kategorie „Entwicklung von Smart Services“

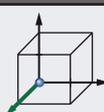
Nr.	Innovationsprinzip	Kurzbeschreibung	Beispiele
<b>2</b>	<b>Dienstleistungsfokussierte Digitalisierung</b>		
<b>2.2</b>	<b>Entwicklung von Smart Services</b>		
2.2.1	 <b>Vorausschauende Wartung von Produkten (Predictive Maintenance)</b>	Für ein Produkt wird ein vorausschauender Wartungsservice (Predictive Maintenance) angeboten. Dabei werden mit Hilfe von integrierten Sensoren Daten über den Zustand des Produkts erfasst. Durch eine intelligente Auswertung der Daten werden sich anbahnende Schäden von Bauteilen bereits vor dem Ausfall erkannt. Oftmals ist dies an eine automatische Beauftragung eines Servicetechnikers geknüpft, der die Bauteile dann umgehend austauscht.	thyssenkrupp, SEW Eurodrive, Rolls Royce
2.2.2	 <b>Asset Management</b>	Die Produktflotte eines Unternehmens wird verwaltet, geplant, gesteuert und überwacht. Dazu werden alle Produkte sowie die mit ihnen verbundenen relevanten Daten (z.B. Einsatzort, Alter, Betriebskosten, Wartungshistorie etc.) erfasst, ausgewertet und in übersichtlicher Form dargestellt. Zusätzlich werden oftmals Handlungsempfehlungen aus den Daten abgeleitet und dem Kunden zur Verfügung gestellt.	GE Aviation, Bosch, Jungheinrich
2.2.3	 <b>Bereitstellung von Performance Dashboards</b>	Wichtige Informationen und Kennzahlen rund um ein Produkt (z.B. Energieverbrauch, Auslastung, Ausfälle etc.) werden in Echtzeit erfasst und dem Nutzer in Form eines einfachen und übersichtlich aufgebauten Dashboards zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe des Dashboards kann der Nutzer die Leistung des Produkts zu jeder Zeit fundiert beurteilen und gg. Optimierungen vornehmen.	Schindler, Fels, Atlas Copco
2.2.4	 <b>Energie-management</b>	Der Energieverbrauch eines Produkts wird datengestützt ermittelt und optimiert. Die Optimierung kann dabei sowohl durch eine verbesserte Steuerung des Produkts erfolgen (z.B. Funktionsabschaltung, Stand-By-Modus etc.) als auch durch eine technische Modifikation (z.B. Austausch von energieintensiven Bauteilen). Durch die Senkung des Energieverbrauchs werden die Kosten für den Kunden reduziert und die Umwelt geschont.	DMG MORI, Kaeser,
2.2.5	 <b>Erfassung und Verkauf von produktbegleitenden Daten</b>	Das Produkt wird mit Sensoren ausgestattet, über die kontinuierlich Daten erfasst werden. Die gewonnenen Daten werden im Anschluss an Institutionen wie Unternehmen oder Behörden verkauft, die daraus Nutzen für ihre eigenen Marktleistungen oder Wertschöpfungsprozesse ziehen. Je nach Anwendungsfall können die Daten entweder in Echtzeit an die Kunden übertragen werden oder zunächst gespeichert und dann zeitversetzt übermittelt werden.	Volkswagen, Google Nest, Land Rover
2.2.6	 <b>Bereitstellung digitaler Modelle von Produkten</b>	Es werden digitale Modelle für ein Produkt bereitgestellt, die die Kunden in ihren Produkt- und Produktionssystementwicklungsprozessen unmittelbar nutzen können. Mit Hilfe der Modelle können beispielsweise Simulationen durchgeführt oder Berechnungen vorgenommen werden. Auf diese Weise spart der Kunde Zeit und Kosten in der Entwicklung.	Weidmüller, Schunk, MakerBot
2.2.7	 <b>Integration externer Dienste in das Produkt</b>	Digitale Dienste von externen Anbietern werden in das eigene Produkt integriert. Die Dienste können über das Produkt abgerufen und in vollem Funktionsumfang genutzt werden. Dabei werden sie häufig im unternehmenseigenen Design präsentiert, sodass der Einbezug externer Anbieter für den Kunden nicht direkt ersichtlich ist. Durch die Integration können aufwändige und kostenintensive Entwicklungen eigener Dienste vermieden werden.	Seat, Sonos, Rittal
2.2.8	 <b>Bereitstellung einer Entwicklungsumgebung für digitale Dienste auf Produkten</b>	Es wird eine Entwicklungsumgebung zur Verfügung gestellt, die Drittanbieter nutzen können, um digitale Dienste und Applikationen für das Produkt zu entwickeln. Auf diese Weise kann das Dienstangebot für ein Produkt wesentlich erhöht werden, ohne die eigenen Entwicklungsaufwendungen signifikant steigern zu müssen. Für den Kunden wird das Produkt dadurch deutlich attraktiver.	DMG MORI, Ford, Apple

Tabelle A-6: Liste mit den entwickelten Innovationsprinzipien der Digitalisierung, Stoßrichtung „Geschäftsmodellfokussierte Digitalisierung“, Kategorie „Änderung der Ertragsmechanik“

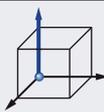
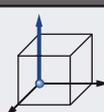
Nr.	Innovationsprinzip	Kurzbeschreibung	Beispiele
<b>3</b>	<b>Geschäftsmodellfokussierte Digitalisierung</b>		
<b>3.1</b>	<b>Änderung der Ertragsmechanik</b>		
3.1.1	 <b>Verkauf des Produktgebrauchs (Pay per Use)</b>	Der Kunde bezahlt nicht für das Produkt, sondern für dessen Gebrauch. Der Preis richtet sich dabei nach der tatsächlichen Inanspruchnahme der Leistungs (z.B. verbrachte Leistungseinheiten, Nutzungszeiträume etc.). In dem Preis sind alle Kosten wie Produkt, Service- oder Verbrauchsmaterialkosten inbegriffen. Auf diese Weise erhält der Kunde maximale Kostentransparenz und hat keine Anschaffungskosten für das Produkt.	Car2Go/ Daimler, Kaeser, Winterhalter
3.1.2	 <b>Verkauf der mit dem Produkt erbrachten Leistung (Performance-based Contracting)</b>	Der Kunde bezahlt nicht für das Produkt, sondern für die mit ihm erbrachte Leistung. Als Kalkulationsbasis dient eine Ergebnisgröße, für die der Kunde einen festgelegten Betrag entrichtet. In welchem Umfang das Produkt genutzt wird, um das Ergebnis zu erzielen, ist dabei unerheblich. Der Betrag deckt alle anfallenden Kosten ab, z.B. für etwaiges Verbrauchsmaterial oder eventuelle Serviceleistungen.	Heidelberg, BASF, Xerox
3.1.3	 <b>Flatrate-basierte Abrechnung</b>	Gegen die regelmäßige Zahlung einer pauschalen Gebühr (häufig monatlich oder jährlich) kann der Kunde ein Produkt unbegrenzt nutzen. In der Gebühr sind bereits alle Kosten (Produktkosten, Servicekosten etc.) enthalten. Oftmals umfasst sie auch einen Wechsel zwischen verschiedenen Produktmodellen bzw. ein Upgrade auf ein neues Modell.	Porsche, 1&1, Netflix
3.1.4	 <b>Angebot eines kostenlosen Basis- und kostenpflichtigen Premiumprodukts (Freemium)</b>	Für das Produkt wird eine Basisversion mit abgespecktem Funktionsumfang und eine Premiumversion mit erweiterter Funktionalität angeboten. Die Basisversion wird dem Kunden kostenlos zur Verfügung gestellt, die Premiumversion muss er kostenpflichtig erwerben. Dabei soll durch das Angebot der kostenlosen Version ein großer Kundenstamm aufgebaut werden, von dem dann ein Teil überzeugt werden kann, die Premiumversion zu kaufen.	Skype, Dropbox, DIY Drones
3.1.5	 <b>Verkauf des Produkts im Abonnement (Subscription)</b>	Das Produkt wird im Abonnement verkauft (engl.: subscription). Der Kunde verpflichtet sich dabei zur regelmäßigen Abnahme oder Nutzung des Produkts in einem definierten Zeitraum. Er profitiert von einer einfachen Beschaffung zu meist geringeren Preisen und zahlt in regelmäßigen Abständen einen festen Betrag an den Hersteller.	Blacksocks, Miele Biobox
3.1.6	 <b>Vermietung des Produkts (Rent instead of Buy)</b>	Das Produkt wird nicht verkauft, sondern vermietet. Dabei erwirbt der Kunde das Recht, das Produkt temporär gegen eine zeitabhängige Gebühr zu nutzen. Auf diese Weise umgeht er die oftmals hohen Anschaffungskosten und vermeidet eine langfristige Kapitalbindung. Dies erleichtert den Zugang zum Produkt und eröffnet dem anbietenden Unternehmen zusätzliche Erlösquellen neben dem klassischen Produktverkauf.	Hilti, Liebherr, Mercedes-Benz
3.1.7	 <b>Angebot eines günstigen Basis- und teuren Komplementärprodukts (Razor and Blade)</b>	Das Basisprodukt wird vergünstigt angeboten oder verschenkt, während das zur Nutzung erforderliche Komplementärprodukt zu einem hohen Preis abgesetzt wird. Durch das Basisprodukt wird der Kunde zunächst zum Kauf animiert. Mit Hilfe des Komplementärprodukts werden dann Erlöspotentiale erschlossen. Oftmals handelt es sich bei dem Komplementärprodukt um Verbrauchsmaterial, sodass kontinuierliche Einnahmeströme generiert werden können.	Procter & Gamble, Hewlett Packard, Nestle
3.1.8	 <b>Verkauf von Zusatzfeatures und -services gegen Aufpreis (Value Add-on)</b>	Das Produkt wird mit wesentlichen Kernfunktionen zu einem Basispreis angeboten. Gegen einen Aufpreis kann es mit weiteren Zusatzfeatures ausgestattet bzw. um weitere Zusatzservices ergänzt werden. Die zusätzlichen Optionen werden dabei überproportional hoch bepreist und führen auf diese Weise zu einer deutlichen Erhöhung der Marge des Gesamtprodukts.	Volks- wagen, Apple, Wizz Air

Tabelle A-7: Liste mit den entwickelten Innovationsprinzipien der Digitalisierung, Stoßrichtung „Geschäftsmodellfokussierte Digitalisierung“, Kategorie „Änderung des Wertmechanismus“

Nr.	Innovationsprinzip	Kurzbeschreibung	Beispiele
<b>3</b>	<b>Geschäftsmodellfokussierte Digitalisierung</b>		
<b>3.2</b>	<b>Änderung des Wertmechanismus</b>		
3.2.1	 <b>Betrieb eines Produkts für den Kunden (Betreibermodell)</b>	Das Produkt wird nicht mehr an den Kunden verkauft, sondern in seinem Aufträgen vor Ort betrieben. Auf diese Weise wird ein produktorientiertes Geschäftsmodell in ein serviceorientiertes Geschäftsmodell transformiert. Der Betrieb des Produkts inkludiert die Durchführung aller erforderlichen Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen. Die Abrechnung der Betreiberleistungen erfolgt in der Regel nutzungsabhängig.	Kuka, Linde, Eisenmann
3.2.2	 <b>Aufbau eines digitalen Servicegeschäfts</b>	Rund um ein bestehendes Produkt wird ein digitales Servicegeschäft aufgebaut. Die Services adressieren Probleme, der Kunde entlang des gesamten Interaktionsprozesses mit dem Produkt hat – von der Beschaffung, über den Betrieb bis hin zur Wartung und Instandhaltung. Durch das Servicegeschäft wird ein erweitertes Wertangebot basierend auf dem Produkt geschaffen.	Felss, Trumpf, DMG MORI
3.2.3	 <b>Aufbau oder Beitritt einer digitalen Transaktionsplattform</b>	Das Produkt wird zum Träger einer digitalen Transaktionsplattform bzw. wird über eine solche gehandelt. Unter einer digitalen Transaktionsplattform ist ein Marktplatz zu verstehen, der Anbieter und Nachfrager sowie etwaige weitere Akteure über das Internet miteinander verbindet und Transaktionen zwischen ihnen ermöglicht. Grundsätzlich kann zwischen einem Aufbau und einem Beitritt einer Transaktionsplattform unterschieden werden.	amazon, Zalando, Airbnb
3.2.4	 <b>Aufbau oder Beitritt einer digitalen Transaktions- und Innovationsplattform</b>	Das Produkt wird zum Träger einer digitalen Transaktions- und Innovationsplattform bzw. wird über eine solche entwickelt und/oder gehandelt. Zusätzlich zur Vermittlung von Produkten und Services bietet dieser Plattfortmtyp Unternehmen die Möglichkeit, selbstständig Marktleistungen zu entwickeln. Dazu werden entsprechende Werkzeuge wie Entwicklungsumgebungen, Programmiersprachen oder Softwarebausteine bereitgestellt.	Apple, Axoom, Adamos
3.2.5	 <b>Aufbau eines digitalen Ökosystems</b>	Ein digitale Ökosystem ist ein über digitale Plattformen vernetztes Gesamtsystem aus intelligenten Produkten und darauf basierenden digitalen Services. Auf diese Weise bildet es eine Art Vollsortiment und schafft einen extrem hohen Nutzen für den Kunden, der die Summe der Nutzenwerte der Einzelleistungen deutlich übersteigt.	Apple, Google, DMG MORI

## A2.2 Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads

Zur Bestimmung der digitalen Position des Unternehmens auf Produktgruppenebene wird der gruppenspezifische Digitalisierungsgrad in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell berechnet (vgl. Abschnitt 4.5.1.4.). Der gruppenspezifische Digitalisierungsgrad wird definiert als der Anteil der vom Unternehmen realisierten Digitalisierungsoptionen an allen am Markt verfügbaren Digitalisierungsoptionen für eine Produktgruppe unter Berücksichtigung der jeweiligen Innovationsgrade. Im Folgenden wird die Gleichung zur Berechnung der Kennzahl je Dimension erläutert.

### Gleichung zur Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads $DG_P$

Zur Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads  $DG_P$  in der Dimension Produkt wird gemäß Gleichung A-1 die Summe der Innovationsgrade der vom Unternehmen realisierten digitalen Features für die Produktgruppe  $j$  gebildet und durch die Summe der Innovationsgrade der am Markt verfügbaren digitalen Features für die Produktgruppe  $j$  geteilt. Da die Menge aller vom Unternehmen realisierten Features  $U_{Pj}$  eine Teilmenge der am Markt umgesetzten Features  $M_{Pj}$  ist, stimmen die Innovationsgrade dieser Features im Nenner und Zähler überein.

$$DG_{Pj} = \frac{\sum_{i=1}^u IG(F_{ij})}{\sum_{k=1}^m IG(F_{kj})}, \text{ wobei } IG(F_{ij}) = IG(F_{kj}) \forall F_j \in U_{Pj} \cap M_{Pj}$$

$DG_{Pj}$ : Digitalisierungsgrad der Produktgruppe  $j$  in der Dimension Produkt

$IG(F_{ij})$ : Innovationsgrad des digitalen Features  $i$  der Produktgruppe  $j$

$IG(F_{kj})$ : Innovationsgrad des digitalen Features  $k$  der Produktgruppe  $j$

$U_{Pj}$ : Menge aller vom Unternehmen realisierten digitalen Features für die Produktgruppe  $j$

$M_{Pj}$ : Menge aller am Markt verfügbaren digitalen Features für die Produktgruppe  $j$

$u$ : Anzahl der vom Unternehmen realisierten digitalen Features für die Produktgruppe  $j$   
(Mächtigkeit der Menge  $U_{Pj}$ )

$m$ : Anzahl der am Markt verfügbaren digitalen Features für die Produktgruppe  $j$   
(Mächtigkeit der Menge  $M_{Pj}$ )

$i$ : Laufvariable für die vom Unternehmen realisierten Features

$k$ : Laufvariable für die am Markt verfügbaren Features

*Gleichung A-1: Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads  $DG_P$  in der Dimension Produkt*

### Gleichung zur Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads $DG_D$

Zur Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads  $DG_D$  in der Dimension Dienstleistung wird gemäß Gleichung A-2 die Summe der Innovationsgrade der vom Unternehmen realisierten digitalen Services für die Produktgruppe  $j$  gebildet und durch die Summe der Innovationsgrade der am Markt verfügbaren digitalen Services für die Produktgruppe  $j$  geteilt. Da die Menge aller vom Unternehmen realisierten Services  $U_{Dj}$  eine Teilmenge der am Markt umgesetzten Services  $M_{Dj}$  ist, stimmen die Innovationsgrade dieser Services im Nenner und Zähler überein.

$$DG_{Dj} = \frac{\sum_{i=1}^u IG(S_{ij})}{\sum_{k=1}^m IG(S_{kj})}, \text{ wobei } IG(S_{ij}) = IG(S_{kj}) \forall S_j \in U_{Dj} \cap M_{Dj}$$

$DG_{Dj}$ : Digitalisierungsgrad der Produktgruppe j in der Dimension Dienstleistung

$IG(S_{ij})$ : Innovationsgrad des digitalen Services i der Produktgruppe j

$IG(S_{kj})$ : Innovationsgrad des digitalen Services k der Produktgruppe j

$U_{Dj}$ : Menge aller vom Unternehmen realisierten digitalen Services für die Produktgruppe j

$M_{Dj}$ : Menge aller am Markt verfügbaren digitalen Services für die Produktgruppe j

u: Anzahl der vom Unternehmen realisierten digitalen Services für die Produktgruppe j  
(Mächtigkeit der Menge  $U_{Dj}$ )

m: Anzahl der am Markt verfügbaren digitalen Services für die Produktgruppe j  
(Mächtigkeit der Menge  $M_{Dj}$ )

i: Laufvariable für die vom Unternehmen realisierten Services

k: Laufvariable für die am Markt verfügbaren Services

*Gleichung A-2: Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads  $DG_D$  in der Dimension Dienstleistung*

### **Gleichung zur Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads $DG_G$**

Zur Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads  $DG_G$  in der Dimension Dienstleistung wird gemäß Gleichung A-3 die Summe der Innovationsgrade der vom Unternehmen betriebenen digitalen Geschäftsmodelle für die Produktgruppe j gebildet und durch die Summe der Innovationsgrade der am Markt verfügbaren digitalen Geschäftsmodelle für die Produktgruppe j geteilt. Da die Menge aller vom Unternehmen betriebenen Geschäftsmodelle  $U_{Gj}$  eine Teilmenge der am Markt umgesetzten Services  $M_{Gj}$  ist, stimmen die Innovationsgrade dieser Geschäftsmodelle im Nenner und Zähler überein.

$$DG_{Gj} = \frac{\sum_{i=1}^u IG(G_{ij})}{\sum_{k=1}^m IG(G_{kj})}, \text{ wobei } IG(G_{ij}) = IG(G_{kj}) \forall G_j \in U_{Gj} \cap M_{Gj}$$

$DG_{Gj}$ : Digitalisierungsgrad der Produktgruppe j in der Dimension Geschäftsmodell

$IG(G_{ij})$ : Innovationsgrad des digitalen Geschäftsmodells i der Produktgruppe j

$IG(G_{kj})$ : Innovationsgrad des digitalen Geschäftsmodells k der Produktgruppe j

$U_{Gj}$ : Menge aller vom Unternehmen betriebenen digitalen Geschäftsmodelle für die Produktgruppe j

$M_{Gj}$ : Menge aller am Markt verfügbaren digitalen Geschäftsmodelle für die Produktgruppe j

u: Anzahl der vom Unternehmen betriebenen digitalen Geschäftsmodelle für die Produktgruppe j  
(Mächtigkeit der Menge  $U_{Gj}$ )

m: Anzahl der am Markt verfügbaren digitalen Geschäftsmodelle für die Produktgruppe j  
(Mächtigkeit der Menge  $M_{Gj}$ )

i: Laufvariable für die vom Unternehmen betriebenen Geschäftsmodelle

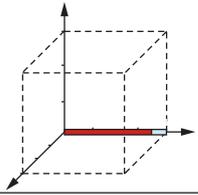
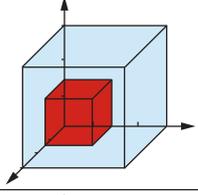
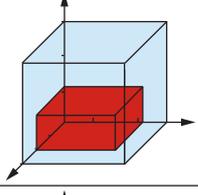
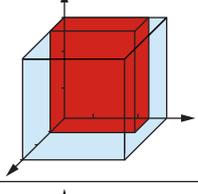
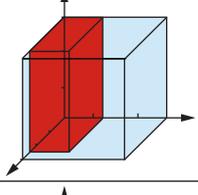
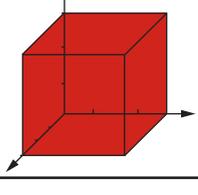
k: Laufvariable für die am Markt verfügbaren Geschäftsmodelle

*Gleichung A-3: Berechnung des gruppenspezifischen Digitalisierungsgrads  $DG_G$  in der Dimension Geschäftsmodell*

### A2.3 Beispiele für digitale Positionen im Digitalisierungsraum

In Abhängigkeit der Dimensionswerte für den gruppenspezifischen Digitalisierungsgrad und den daraus resultierenden digitalen Reifegraden ergeben sich praktisch unendlich viele Möglichkeiten, wie die digitale Position im Digitalisierungsraum ausgestaltet sein kann. Tabelle A-8 zeigt einige Beispiele.

Tabelle A-8: Beispiele für digitale Positionen im Digitalisierungsraum

Darstellung im Digitalisierungsraum	Digitaler Reifegrad in den Dimensionen			Digitale Position
	Produkt	Dienstleistung	Geschäftsmodell	
	Digitaler Pionier	- (nicht existent)	- (nicht existent)	Es existieren noch keine digitalen Dienstleistungen und Geschäftsmodelle für die Produktgruppe am Markt. In Hinblick auf digitale Features für die Produktgruppe hat das Unternehmen eine führende Position inne.
	Digitaler Folger	Digitaler Folger	Digitaler Folger	Das Unternehmen deckt in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell in etwa die Hälfte der am Markt realisierten Optionen ab. Es nimmt in allen Bereichen eine Mittelfeldposition ein.
	Digitaler Pionier	Digitaler Pionier	Digitaler Folger	Das Unternehmen ist in den Dimensionen Produkt und Dienstleistung führend für die Produktgruppe. Im Bereich Geschäftsmodelle ist es jedoch lediglich digitaler Folger.
	Digitaler Pionier	Digitaler Folger	Digitaler Pionier	Das Unternehmen ist in den Dimensionen Produkt und Geschäftsmodell führend für die Produktgruppe. Im Bereich Dienstleistung ist es jedoch lediglich digitaler Folger.
	Digitaler Folger	Digitaler Pionier	Digitaler Pionier	Das Unternehmen ist in den Bereichen Geschäftsmodell und Dienstleistung führend. In Hinblick auf digitale Features ist es jedoch lediglich Folger.
	Digitaler Pionier	Digitaler Pionier	Digitaler Pionier	Die vom Unternehmen realisierten Optionen in den Dimensionen Produkt, Dienstleistung und Geschäftsmodell definieren den Markt. Das Unternehmen gestaltet die digitale Transformation des Geschäfts.

## A2.4 Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads

Aus den gruppenspezifischen Digitalisierungsgraden wird der programmweite Digitalisierungsgrad berechnet (vgl. Abschnitt 4.5.1.4.). Der programmweite Digitalisierungsgrad wird definiert als arithmetisches Mittel der gruppenspezifischen Digitalisierungsgrade gewichtet mit dem jeweiligen Umsatzanteil der Produktgruppe. Durch die Gewichtung mit dem Umsatzanteil wird die unternehmerische Bedeutung der Produktgruppen berücksichtigt. Im Folgenden wird die Gleichung zur Berechnung der Kennzahl je Dimension erläutert.

### Gleichung zur Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads $DG_{P\_Ges}$ in der Dimension Produkt

Zur Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads  $DG_{P\_Ges}$  in der Dimension Produkt wird gemäß Gleichung A-4 der gewichtete Mittelwert aus den gruppenspezifischen Digitalisierungsgraden gebildet. Als Gewichtungsfaktor wird der jeweilige Umsatzanteil der Produktgruppe  $j$  herangezogen. Die Summe aller Umsatzanteile ergibt dabei 100%.

$$DG_{P\_Ges} = \frac{\sum_{j=1}^n DG_{Pj} \cdot U_j}{\sum_{j=1}^n U_j} = \frac{\sum_{j=1}^n DG_{Pj} \cdot U_j}{1} = \sum_{j=1}^n DG_{Pj} \cdot U_j$$

$DG_{P\_Ges}$ : Programmweiter Digitalisierungsgrad in der Dimension Produkt

$DG_{Pj}$ : Gruppenspezifischer Digitalisierungsgrad der Produktgruppe  $j$  in der Dimension Produkt

$U_j$ : Anteil der Produktgruppe  $j$  am Gesamtumsatz des Produktprogramms

*Gleichung A-4: Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads  $DG_{P\_Ges}$  in der Dimension Produkt*

### Gleichung zur Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads $DG_{D\_Ges}$ in der Dimension Dienstleistung

Zur Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads  $DG_{D\_Ges}$  in der Dimension Produkt wird gemäß Gleichung A-5 der gewichtete Mittelwert aus den gruppenspezifischen Digitalisierungsgraden gebildet. Als Gewichtungsfaktor wird der jeweilige Umsatzanteil der Produktgruppe  $j$  herangezogen. Die Summe aller Umsatzanteile ergibt dabei 100%.

$$DG_{D\_Ges} = \frac{\sum_{j=1}^n DG_{Dj} \cdot U_j}{\sum_{j=1}^n U_j} = \frac{\sum_{j=1}^n DG_{Dj} \cdot U_j}{1} = \sum_{j=1}^n DG_{Dj} \cdot U_j$$

$DG_{D\_Ges}$ : Programmweiter Digitalisierungsgrad in der Dimension Dienstleistung

$DG_{Dj}$ : Gruppenspezifischer Digitalisierungsgrad der Produktgruppe  $j$  in der Dimension Dienstleistung

$U_j$ : Anteil der Produktgruppe  $j$  am Gesamtumsatz des Produktprogramms

*Gleichung A-5: Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads  $DG_{D\_Ges}$  in der Dimension Dienstleistung*

### **Gleichung zur Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads $DG_{D\_Ges}$ in der Dimension Geschäftsmodell**

Zur Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads  $DG_{D\_Ges}$  in der Dimension Produkt wird gemäß Gleichung A-5 der gewichtete Mittelwert aus den gruppenspezifischen Digitalisierungsgraden gebildet. Als Gewichtungsfaktor wird der jeweilige Umsatzanteil der Produktgruppe  $j$  herangezogen. Die Summe aller Umsatzanteile ergibt dabei 100%.

$$DG_{G\_Ges} = \frac{\sum_{j=1}^n DG_{Gj} \cdot U_j}{\sum_{j=1}^n U_j} = \frac{\sum_{j=1}^n DG_{Gj} \cdot U_j}{1} = \sum_{j=1}^n DG_{Gj} \cdot U_j$$

$DG_{G\_Ges}$ : Programmweiter Digitalisierungsgrad in der Dimension Geschäftsmodell

$DG_{Gj}$ : Gruppenspezifischer Digitalisierungsgrad der Produktgruppe  $j$  in der Dimension Geschäftsmodell

$U_j$ : Anteil der Produktgruppe  $j$  am Gesamtumsatz des Produktprogramms

*Gleichung A-5: Berechnung des programmweiten Digitalisierungsgrads  $DG_{G\_Ges}$  in der Dimension Geschäftsmodell*

## A2.5 Rechnerische Unterstützung zur Erstellung der Szenario-Roadmap

In Abschnitt 4.5.2.2 wird eine Szenario-Roadmap erstellt, die die Migration von der heutigen Situation in das Referenzszenario über eine zuvor festgelegte Anzahl an Zwischenschritten beschreibt. Für jeden Zwischenschritt wird dabei die bis dahin erfolgte Weiterentwicklung der Schlüsselfaktoren abgeschätzt und textuell beschrieben. Unterstützend kann an dieser Stelle das Verfahren nach REYMANN eingesetzt werden (vgl. Abschnitt 3.4.1.2). Hierbei werden alle Zeitpunkte der Szenario-Roadmap in Form einer Ausprägungsliste charakterisiert [Rey13, S. 128ff.]. Die Ausprägungsliste enthält die Schlüsselfaktoren mit ihren Projektionen und Angaben über die Häufigkeit des Auftretens der Projektionen zu den einzelnen Zeitpunkten. Die Häufigkeitsverteilungen können zusammen mit den Projektionstexten als Hilfsmittel herangezogen werden, um die Prosa-Beschreibung der Szenario-Roadmap vorzunehmen. Bild A-2 zeigt einen Ausschnitt der erstellten Ausprägungsliste für die vier Zeitpunkte der Szenario-Roadmap. Die Ausprägungsliste für das Jahr 2030 (Referenzszenario) ist aus der Szenario-Bildung bekannt – sie ist das Ergebnis der Clusteranalyse (vgl. Abschnitt 4.5.2.1) [GDE+19, S. 136ff.]. Die Schritte zur Erstellung der Ausprägungslisten für die übrigen drei Zeitpunkte werden im Folgenden erläutert.

Schlüsselfaktoren	Projektionen		Entwicklungs-tendenz	Heute	2020	2025	2030
SF 1: Bevorzugte Art des Staub-saugens	A	Manuelles Saugen	0	95	67	34	1
	B	Autonomes Saugen durch Roboter	1	0	9	49	89
	C	Hybrides Saugen	2	5	23	17	10
⋮							
SF 11: Art der Energie-versorgung	A	Netzbetrieb	0	95	67	36	5
	B	Akkubetrieb	1	5	33	64	95
SF 12: Intelligenz der Systeme	A	Einfachheit dominiert	0	95	67	33	0
	B	Inhärente Teilintelligenz	1	5	33	33	33
	C	Kognition und Autonomie	0	0	0	33	67
SF 13: Smart Home-Integration	A	Isoliert arbeitende Geräte	0	100	67	33	0
	B	Vernetzte Varianten	1	0	33	16	0
	C	Flächendeckende Einbindung	0	0	0	50	100
⋮							
SF 19: Datenbasierte Services	A	Digitale Servicewüste	0	100	67	33	0
	B	Digitale Servicenische	1	0	33	16	0
	C	Smart Service Welt	0	0	0	50	100

97	in 97 % der Projektionsbündel des Szenarios kommt diese Projektion vor.		eindeutige Ausprägung		alternative Ausprägung
			dominante Ausprägung		Projektion tritt nicht auf

Bild A-2: Ausprägungslisten für die Zeitpunkte der Szenario-Roadmap [Rey13, S. 133]

### Erstellung der Ausprägungsliste für die gegenwärtige Situation (Heute)

Im Rahmen der Szenariofeld-Analyse wird für jeden Schlüsselfaktor eine fundierte und präzise Beschreibung der Ist-Situation erstellt [GED+19, S. 128f.]. Diese Beschreibung

wird herangezogen, um die heutige Situation in der Szenario-Roadmap zu charakterisieren (vgl. Bild 4-26). Darüber hinaus wird die Beschreibung genutzt, um die heutige Situation anhand der Projektionen näherungsweise in einer Ausprägungsliste abzubilden<sup>78</sup> (vgl. Bild A-2, linke Spalte „Heute“). Diese Ausprägungsliste dient im Weiteren als Hilfsgröße, um die Ausprägungslisten der Zwischenschritte zu berechnen. Dazu werden die Projektionen prozentual bewertet, wobei die Summe innerhalb eines Schlüsselfaktors immer 100% ergeben muss [Rey13, S. 108]. Beispielsweise wird abgeschätzt, dass 95% aller Kunden heute manuell saugen (1A). 5% der Kunden nutzen einen Saugroboter, saugen allerdings manuell nach (1C). Ein autonomes Saugen durch Roboter, bei dem keine menschliche Nachbesserung erforderlich ist, ist heute in Serie noch nicht möglich und wird daher mit 0% bewertet (1B). Für die übrigen Schlüsselfaktoren wird analog verfahren.

### Erstellung der Ausprägungsliste für den ersten Zwischenschritt (2020)

Die Ausprägungsliste für den ersten Zwischenschritt wird durch Extrapolation der heutigen Situation berechnet. Grundlage für die Berechnung bildet zunächst eine Bewertung der sog. Entwicklungstendenz für jede Projektion. Die *Entwicklungstendenz* gibt an, inwiefern die Entwicklung aus heutiger Sicht in die Richtung einer Projektion deutet. Die Bewertungsskala erstreckt sich von „0“ (negative bzw. keine Entwicklungstendenz) über „1“ (schwach positive Entwicklungstendenz) bis „2“ (stark positive Entwicklungstendenz) [Rey13, S. 130]. Basierend darauf erfolgt die Berechnung der Ausprägungsliste gemäß Bild A-3 in zwei Schritten.

Projektionen der Schlüsselfaktoren		Entwicklungs-tendenz	Heute	zu verschiebende Prozentpunkte			2020
1A	Manuelles Saugen	0	95	$95 * 30\% = 28$	28	$95 - 28 = 67$	67
1B	Autonomes Saugen durch Roboter	1	0	./.	0	$0 + 1/3 * 28 = 9$	9
1C	Hybrides Saugen	2	5	./.	0	$5 + 2/3 * 28 = 23$	23
⋮							
11A	Netzbetrieb	0	95	$95 * 30\% = 28$	28	$95 - 28 = 67$	67
11B	Akkubetrieb	1	5	./.	0	$5 + 1/1 * 28 = 33$	33
⋮							
12A	Einfachheit dominiert	0	95	$95 * 30\% = 28$	28	$95 - 28 = 67$	67
12B	Inhärente Teilintelligenz	1	5	./.	0	$5 + 1/1 * 28 = 33$	33
12C	Kognition und Autonomie	0	0	$0 * 30\% = 0$	0	$0 + 0 = 0$	0
⋮							

Berechnungs-schritt 1
Berechnungs-schritt 2

95

in 95 % der Projektionsbündel des Szenarios kommt diese Projektion vor.

eindeutige Ausprägung

dominante Ausprägung

alternative Projektion

Projektion tritt nicht auf

Bild A-3: Berechnung des ersten Zwischenschritts mittels Extrapolation [Rey13, S. 131]

<sup>78</sup> Dies setzt voraus, dass es Projektionen gibt, die lediglich eine geringfügige Veränderung oder eine Fortschreibung des Status Quo vorsehen. Im Validierungsprojekt wurden derartige Projektionen berücksichtigt, da es in dem konservativen Staubsaugermarkt grundsätzlich denkbar ist, dass sich die Digitalisierung nicht durchsetzt.

**Berechnungsschritt 1:** Entsprechend der Entwicklungstendenz wird bestimmt, wie viele Prozentpunkte einer jeden Projektion zu den jeweils anderen Projektionen des Schlüsselfaktors zu verschieben sind. Da lediglich bei einer mit „0“ bewerteten Projektion eine negative Entwicklung zulässig ist, kann nur eine Umverteilung von mit „0“ bewerteten Projektionen zu mit „1“ oder „2“ bewerteten Projektionen erfolgen. Zur Berechnung der zu verteilenden Prozentpunkte wird ein *Verschiebungsfaktor* festgelegt. Im Validierungsbeispiel wurde REYMANN folgend ein Verschiebungsfaktor von 30%<sup>79</sup> definiert, da der erste Zwischenschritt im Jahr 2020 vergleichsweise nah an der heutigen Situation liegt und daher nur eine schwache Verschiebung zu erwarten ist. Gemäß dieser Logik ergibt sich für die Projektion 1A bspw. ein Verschiebungswert von 28 Prozentpunkten. Für die Projektionen 1B und 1C ist der Wert hingegen 0, da sie eine positive Entwicklungstendenz aufweisen.

**Berechnungsschritt 2:** Die zu verschiebenden Prozentpunkte werden auf die anderen Projektionen des Schlüsselfaktors verteilt. Als Verteilungsschlüssel wird die normierte Entwicklungstendenz genutzt. Beispielsweise erhält die Projektion 1B ein Drittel der zu verschiebenden Prozentpunkte von Projektion 1A (Entwicklungstendenz = 1), sodass sich ein Wert von 9 in der Ausprägungsliste ergibt. Projektion 1C bekommt hingegen zwei Drittel der zu verschiebenden Punkte (Entwicklungstendenz = 2), wodurch ein Wert von 23 resultiert.

**Erstellung der Ausprägungsliste für den zweiten Zwischenschritt (2025)**

Die Ausprägungsliste für den zweiten Zwischenschritt wird durch lineare Interpolation der Ausprägungsliste des ersten Zwischenschritts (2020) und der Ausprägungsliste des Referenzszenarios (2030) berechnet. Bild A-4 verdeutlicht das zugehörige Vorgehen.

Projektionen der Schlüsselfaktoren	Entwicklungstendenz	2020	2025	Berechnung	2030
1A Manuelles Saugen	0	67	34	$67 + (1 - 67) : 2 = 34$	1
1B Autonomes Saugen durch Roboter	1	9	49	$9 + (89 - 9) : 2 = 49$	89
1C Hybrides Saugen	2	23	17	$23 + (10 - 23) : 2 = 17$	10
⋮					
11A Netzbetrieb	0	67	36	$67 + (5 - 67) : 2 = 36$	5
11B Akkubetrieb	1	33	64	$33 + (95 - 33) : 2 = 64$	95
⋮					
12A Einfachheit dominiert	0	67	33	$67 + (0 - 67) : 2 = 33$	0
12B Inhärente Teilintelligenz	1	33	33	$33 + (33 - 33) : 2 = 33$	33
12C Kognition und Autonomie	0	0	33	$0 + (67 - 0) : 2 = 33$	67
⋮					

<b>95</b> in 95 % der Projektionsbündel des Szenarios kommt diese Projektion vor.	 eindeutige Ausprägung	 alternative Ausprägung
	 dominante Ausprägung	 Projektion tritt nicht auf

Bild A-4: Berechnung des zweiten Zwischenschritts mittels Interpolation

<sup>79</sup> REYMANN schlägt eine Fallunterscheidung für den Verschiebungsfaktor vor: Ist die Summe der Entwicklungstendenzen aller Projektionen eines Schlüsselfaktors gleich eins, wird ein Verschiebungsfaktor von 30% angewendet. Ist die Summe zwei oder höher wird ein Verschiebungsfaktor von 60% genutzt. Im Validierungsbeispiel wurde auf diese Unterscheidung verzichtet und durchgehend ein Faktor von 30% genutzt.

Für jede Projektion wird die Differenz der Prozentwerte des Referenzszenarios und des ersten Zwischenschritts berechnet. Dieser Wert wird durch zwei geteilt, da zwischen dem ersten Zwischenschritt und dem Referenzszenario zwei Intervalle liegen (Schritt 1 zu Schritt 2 sowie Schritt 2 zum Referenzszenario) und zu dem Prozentwert des ersten Zwischenschritts addiert. Auf diese Weise ergibt sich für die Projektion 1A beispielsweise ein Wert von 34 Prozentpunkten für das Jahr 2025.

## A2.6 Steckbriefe für Digitalisierungsoptionen in den Dimensionen Dienstleistung und Geschäftsmodell

In Abschnitt 4.5.3.3 werden Steckbriefe zur Charakterisierung der Digitalisierungsoptionen erstellt. Bild A-5 und Bild A-6 zeigen exemplarisch Steckbriefe für den digitalen Service Nr. 75 „Automatische Nachbestellung von Beuteln“ (Dimension Dienstleistung) und das digitale Geschäftsmodell Nr. 91 „Saugfltrate mit Bereitstellung der neuesten, optimalen Saugrobotergeneration“ (Dimension Geschäftsmodell). Zur Spezifikation des Servicekonzepts wird die Spezifikationstechnik CONSENS nach GAUSEMEIER eingesetzt (vgl. Abschnitt 3.4.3.1). Die Spezifikation des Geschäftsmodellkonzepts erfolgt mit Hilfe der Spezifikationstechnik nach SCHNEIDER (vgl. Abschnitt 3.4.3.3).

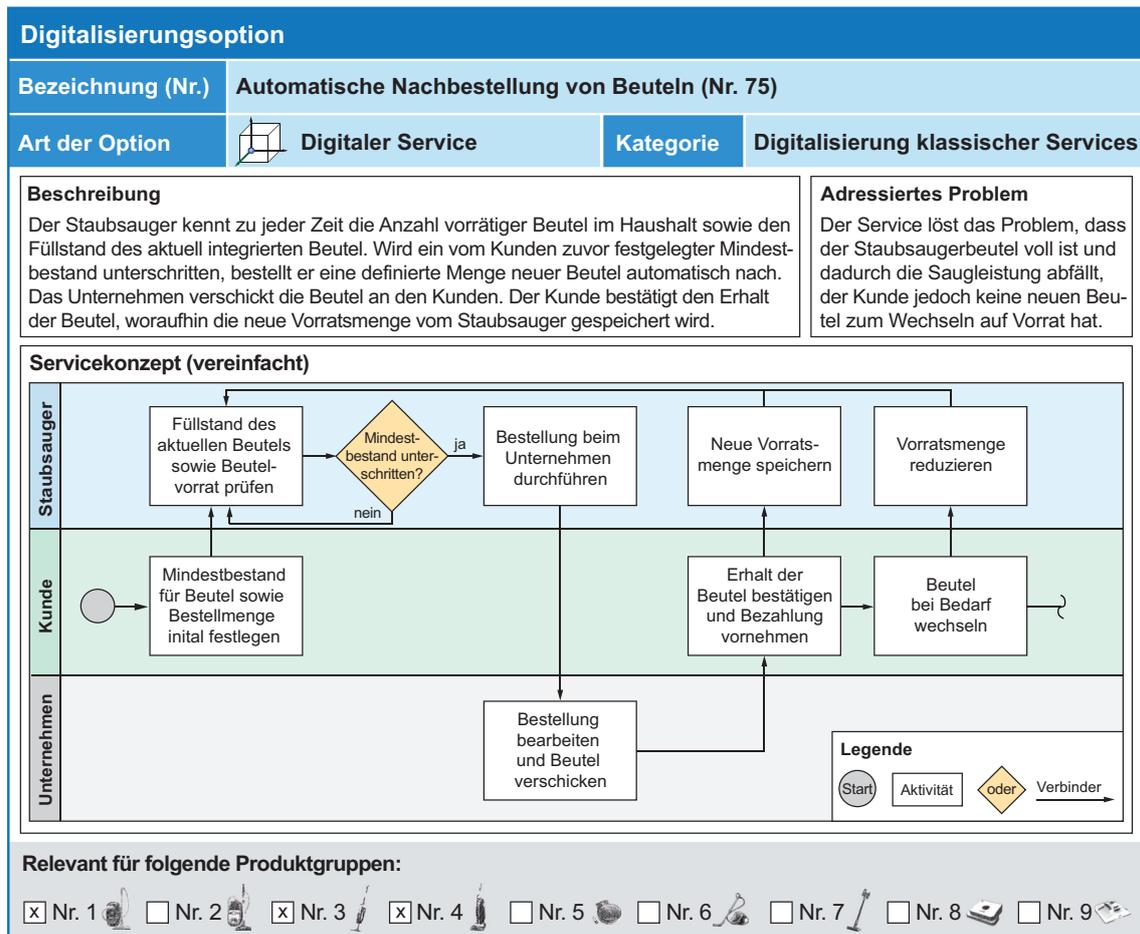


Bild A-5: Steckbrief zur Charakterisierung der Digitalisierungsoptionen, Dimension Dienstleistung

Digitalisierungsoption			
Bezeichnung (Nr.)	Saugflatrate mit Bereitstellung der neuesten, optimalen Saugrobotergeneration (Nr. 91)		
Art der Option	<b>Digitales Geschäftsmodell</b>	Kategorie	<b>Änderung der Etragsmechanik</b>
<p><b>Beschreibung</b></p> <p>Dem Kunden wird eine Saugflatrate offeriert, bei der er eine monatliche Gebühr für den Saugroboter bezahlt. Im Gegenzug wird ihm stets die neueste Produktgeneration zur Verfügung gestellt, wobei auf Basis der Produktdaten (tägliche Nutzungsdauer, Größe der Wohnung etc.) ein für die Wohnsituation optimales Modell ausgewählt wird (Akkulaufzeit, Saugleistung etc.).</p>		<p><b>Adressierter Gewinn</b></p> <p>Der Gewinn besteht in der Vermeidung von schneller technologischer Überalterung infolge rascher Fortschritte im Bereich Robotik sowie einer optimalen Produktauswahl.</p>	
<b>Geschäftsmodellkonzept (vereinfacht)</b>			
<p>The diagram illustrates the business model concept. It features three main entities: 'Unternehmen' (Company), 'Datenplattform' (Data Platform), and 'Kunde' (Customer). The 'Datenplattform' acts as a central hub, receiving 'Daten des Saugroboters' (Suction robot data) from the 'Kunde' and providing a 'Datenbasis zur Auswahl des optimalen Modells' (Data basis for selection of the optimal model) to the 'Unternehmen'. The 'Unternehmen' then provides 'Neue, optimale Saugrobotergeneration' (New, optimal suction robot generation) to the 'Kunde'. In return, the 'Kunde' provides 'Alte Saugrobotergeneration' (Old suction robot generation) back to the 'Unternehmen' and pays a 'Monatliche Gebühr' (Monthly fee). A legend on the right defines the symbols: a green hexagon for 'Betrachtete Einheit' (Entity being considered), a grey hexagon for 'Wertschöpfungspartner' (Value creation partner), a solid arrow for 'Informationsfluss' (Information flow), a dashed arrow for 'Geldfluss' (Money flow), and a double-lined arrow for 'Marktleistungsfluss' (Market performance flow).</p>			
<b>Relevant für folgende Produktgruppen:</b>			
<input type="checkbox"/> Nr. 1 <input type="checkbox"/> Nr. 2 <input type="checkbox"/> Nr. 3 <input type="checkbox"/> Nr. 4 <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 5 <input type="checkbox"/> Nr. 6 <input type="checkbox"/> Nr. 7 <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 8 <input checked="" type="checkbox"/> Nr. 9			

Bild A-6: Steckbrief zur Charakterisierung der Digitalisierungsoptionen, Dimension Geschäftsmodell

# Lebenslauf

## Persönliche Daten

Name	Julian Echterfeld
Anschrift	Hillebrandstraße 10, 33102 Paderborn
Geburtsdatum	9. November 1989
Geburtsort	Paderborn
Familienstand	ledig
Staatsangehörigkeit	deutsch

## Schulbildung

07/1996 – 06/2000	Katholische Grundschule, Delbrück-Boke
08/2000 – 06/2009	Städtisches Gymnasium, Delbrück <i>Abschluss: Allgemeine Hochschulreife</i>

## Studium

10/2009 – 02/2013	Universität Paderborn Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor) Studienrichtung Maschinenbau <i>Abschluss: Bachelor of Science (B.Sc.)</i>
04/2013 – 09/2014	Universität Paderborn Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Maschinenbau <i>Abschluss: Master of Science (M.Sc.)</i>

## Beruflicher Werdegang

10/2014 – 01/2019	Wissenschaftlicher Mitarbeiter Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn Fachgruppe Strategische Produktplanung und Systems Engineering Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier
Seit 02/2019	Technischer Assistent der Geschäftsleitung Miele & Cie. KG

Paderborn, im Dezember 2019



## **Das Heinz Nixdorf Institut – Interdisziplinäres Forschungszentrum für Informatik und Technik**

Das Heinz Nixdorf Institut ist ein Forschungszentrum der Universität Paderborn. Es entstand 1987 aus der Initiative und mit Förderung von Heinz Nixdorf. Damit wollte er Ingenieurwissenschaften und Informatik zusammenführen, um wesentliche Impulse für neue Produkte und Dienstleistungen zu erzeugen. Dies schließt auch die Wechselwirkungen mit dem gesellschaftlichen Umfeld ein.

Die Forschungsarbeit orientiert sich an dem Programm „Dynamik, Mobilität, Vernetzung: Eine neue Schule des Entwurfs der technischen Systeme von morgen“. In der Lehre engagiert sich das Heinz Nixdorf Institut in Studiengängen der Informatik, der Ingenieurwissenschaften und der Wirtschaftswissenschaften.

Heute wirken am Heinz Nixdorf Institut neun Professoren mit insgesamt 150 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Pro Jahr promovieren hier etwa 20 Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler.

## **Heinz Nixdorf Institute – Interdisciplinary Research Centre for Computer Science and Technology**

The Heinz Nixdorf Institute is a research centre within the University of Paderborn. It was founded in 1987 initiated and supported by Heinz Nixdorf. By doing so he wanted to create a symbiosis of computer science and engineering in order to provide critical impetus for new products and services. This includes interactions with the social environment.

Our research is aligned with the program “Dynamics, Mobility, Integration: Enroute to the technical systems of tomorrow.” In training and education the Heinz Nixdorf Institute is involved in many programs of study at the University of Paderborn. The superior goal in education and training is to communicate competencies that are critical in tomorrows economy.

Today nine Professors and 150 researchers work at the Heinz Nixdorf Institute. Per year approximately 20 young researchers receive a doctorate.



## Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

- Bd. 366 IWANEK, P.: Systematik zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme im Maschinen- und Anlagenbau. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 366, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-85-4
- Bd. 367 SCHWEERS, C.: Adaptive Sigma-Punkte-Filter-Auslegung zur Zustands- und Parameterschätzung an Black-Box-Modellen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 367, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-86-1
- Bd. 368 SCHIERBAUM, T.: Systematik zur Kostenbewertung im Systementwurf mechatronischer Systeme in der Technologie Molded Interconnect Devices (MID). Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 368, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-87-8
- Bd. 369 BODDEN, E.; DRESSLER, F.; DUMITRESCU, R.; GAUSEMEIER, J.; MEYER AUF DER HEIDE, F.; SCHEYTT, C.; TRÄCHTLER, A. (Hrsg.): Intelligente technische Systeme. Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 369, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-88-5
- Bd. 370 KÜHN, A.: Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 370, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-89-2
- Bd. 371 REINOLD, P.: Integrierte, selbstoptimierende Fahrdynamikregelung mit Einzelradaktorik. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 371, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-90-8
- Bd. 372 BÄUMER, F. S.: Indikatorbasierte Erkennung und Kompensation von ungenauen und unvollständig beschriebenen Softwareanforderungen. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 372, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-91-5
- Bd. 373 ECKELT, D.: Systematik zum innovationsorientierten Intellectual Property Management. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 373, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-92-2
- Bd. 374 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 13. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 23. und 24. November 2017, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 374, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-93-9
- Bd. 375 WESTERMANN, T.: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 375, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-94-6
- Bd. 376 JÜRGENHAKE, C.: Systematik für eine prototypenbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme in der Technologie MID (Molded Interconnect Devices). Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 376, Paderborn, 2017 – ISBN 978-3-942647-95-3
- Bd. 377 WEBER, J.: Modellbasierte Werkstück- und Werkzeugpositionierung zur Reduzierung der Zykluszeit in NC-Programmen. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 377, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-96-0
- Bd. 378 OESTERSÖTEBIER, F.: Modellbasierter Entwurf intelligenter mechatronischer Systeme mithilfe semantischer Technologien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 378, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-97-7

## Zuletzt erschienene Bände der Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts

- Bd. 379 ABELDGAWAD, K.: A System-Level Design Framework for Networked Driving Simulation. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 379, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-98-4
- Bd. 380 JUNG, D.: Local Strategies for Swarm Formations on a Grid. Dissertation, Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 380, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-942647-99-1
- Bd. 381 PLACZEK, M.: Systematik zur geschäftsmodellorientierten Technologiefrühaufklärung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 381, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-00-2
- Bd. 382 KÖCHLING, D.: Systematik zur integrativen Planung des Verhaltens selbstoptimierender Produktionssysteme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 382, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-01-9
- Bd. 383 KAGE, M.: Systematik zur Positionierung in technologieinduzierten Wertschöpfungsnetzwerken. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 383, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-02-6
- Bd. 384 DÜLME, C.: Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 384, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-03-3
- Bd. 385 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 8. und 9. November 2018, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 385, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-04-0
- Bd. 386 SCHNEIDER, M.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung und Analyse von Wertschöpfungssystemen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 386, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-05-7
- Bd. 387 ECHTERHOFF, B.: Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 387, Paderborn, 2018 – ISBN 978-3-947647-06-4
- Bd. 388 KRUSE, D.: Teilautomatisierte Parameteridentifikation für die Validierung von Dynamikmodellen im modellbasierten Entwurf mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 388, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-07-1
- Bd. 389 MITTAG, T.: Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 389, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-08-8
- Bd. 390 GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, 21. und 22. November 2019, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 390, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-09-5
- Bd. 391 SCHIERBAUM, A.: Systematik zur Ableitung bedarfsgerechter Systems Engineering Leitfäden im Maschinenbau. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 391, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-10-1
- Bd. 392 PAI, A.: Computationally Efficient Modelling and Precision Position and Force Control of SMA Actuators. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 392, Paderborn, 2019 – ISBN 978-3-947647-11-8