

Alexander A. Albers

***Systematik zur modellgestützten
Produktfindung in der
Produktgenerationenplanung***

***Approach for a model-based
ideation in product generation
planning***

Geleitwort

Advanced Systems Engineering – neue Methoden und Werkzeuge für die Wertschöpfung von Morgen – ist die verbindende Leitidee unserer Forschungsarbeiten. Am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn sowie am Fraunhofer-Institut für Entwurfs-technik Mechatronik IEM arbeiten wir an dieser Leitidee. Unser generelles Ziel ist die Steigerung der Innovationskraft von Industrieunternehmen. Zentrale Schwerpunkte der Forschung an den beiden Instituten sind die Strategische Planung und das Systems Engi-neering.

Im Zeitalter der Digitalisierung und des Internets der Dinge und Dienste wandeln sich viele mechatronische Produkte zu intelligenten vernetzten Produkten, die gleichermaßen in der physischen und der digitalen Welt interagieren. Dies eröffnet produzierenden Unternehmern Nutzenpotentiale beispielsweise durch datenbasierte Produkteigenschaften wie die vorausschauende Wartung. Ein wesentlicher Stellhebel zur Erschließung der Nutzenpotentiale ist die systematische Suche nach Ideen aufbauend auf Vorgängergenerationen. Hierbei erscheint die Verwendung von Informationen über komplexe technische Zusammenhänge aus bestehenden Systemmodellen und die in Wertsetzung von Wissen der Mitarbeiter über Aufgaben und Probleme bestehender Kunden vielversprechend.

Vor diesem Hintergrund hat Herr Albers eine Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung entwickelt. Die Systematik versetzt Unternehmen in die Lage, Ideen zur Differenzierung neuer Produktgenerationen zu finden. Im Kern besteht die Systematik aus einem Bündel abgestimmter Methoden und Vorgehens-modellen zur referenz-modellgestützten und kundenorientierten Produktfindung, die eine systematische Suche nach Ideen ermöglichen. Mittels der referenzmodellgestützten Me-thoden werden Ideen für Produktgenerationen auf Grundlage von strukturierten System-modellsichten gesucht. Die kundenorientierten Methoden unterstützen die Ideensuche ba-sierend auf Kundenzielen, -aufgaben und -problemen. Die Systematik umfasst darüber hinaus eine Bewertungsmethode von erfolgversprechenden Ideen und ein Vorgehensmo-dell.

Mit seiner Arbeit hat Herr Albers einen bedeutenden Beitrag zur Verbindung der strate-gischen Produktplanung mit innovativen Methoden des Systems Engineerings geleistet. Die Verwendung von Systemmodellen in der strategischen Planung ist nicht nur neu, sondern ein weiterer Baustein für unsere Leitidee des Advanced Systems Engineerings. Die Arbeit von Herrn Albers zeichnet sich zudem durch ihre hohe Praxisrelevanz aus und wird hohe Beachtung in der Industrie finden.

Ich wünsche Herrn Albers auf seinem weiteren beruflichen Weg weiterhin so viel Mut und Engagement, innovative Wege zu gehen. Mit den besten Wünschen

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Paderborn, im März 2020

Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung

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

genehmigte
DISSERTATION

von
Dipl.-Ing. Alexander A. Albers
aus Hannover

Tag des Kolloquiums: 18. Dezember 2019
Referent: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu
Korreferent: Dr. ir. G. Maarten Bonnema

Vorwort

Die Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut für Entwurfstechnik Mechatronik. Sie ist das Ergebnis meiner wissenschaftlichen Arbeit im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten.

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier für die stets fordernde und fördernde Zusammenarbeit. Sie und das von Ihnen geschaffene Umfeld haben meine fachliche sowie persönliche Weiterentwicklung nachhaltig geprägt!

Ich danke Herrn Professor Dr.-Ing. Roman Dumitrescu für die Übernahme des Korreferats. Er war es, der als Nachfolger von Professor Gausemeier mit viel Vertrauen in meine Person diese Arbeit unterstützt hat. Mit großer Dankbarkeit betrachte ich die hervorragende Zusammenarbeit in den vergangenen Jahren und die konsequente Förderung meiner Person.

Für die Übernahme des Korreferats danke ich Herrn Dr. ir. G. Maarten Bonnema, Associate Professor am Department of Design, Production and Management an der Universität Twente.

Allen heutigen und ehemaligen Kolleginnen und Kollegen danke ich für den großartigen Zusammenhalt und die inspirierende Zusammenarbeit. Besonders wertvoll war der wissenschaftliche Austausch mit Dr.-Ing. Arno Kühn, Dr.-Ing. Christian Tscherner, Dr.-Ing. Marcel Schneider, Michael Bansmann, Christopher Lankeit, Jan Michael, Ruslan Bernijazov, Julian Tekaat, Dr. Jörg Holtmann und Dr. Masud Fazal-Baqiae. Hervorheben möchte ich an dieser Stelle Dr.-Ing. Martin Rabe: Danke für deine Freundschaft und den gemeinsamen Spaß bei der Arbeit. Den vielen Studierenden, die ich namentlich nicht alle nennen kann, danke ich für ihre Unterstützung als studentische Hilfskräfte oder durch ihre studentischen Arbeiten.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern Kornelia und Albert: Ich bin euch unendlich dankbar für eure bedingungslose Unterstützung und Liebe! Euer Rückhalt hat es erst möglich gemacht, diese Arbeit erfolgreich abzuschließen. Letztlich ist es aber meine Frau Jessica, der das allergrößte Dankeschön gebührt! Meine Dankbarkeit für dich lässt sich nur schwer mit Worten ausdrücken – Danke für alles!

Paderborn, im Januar 2020

Alexander A. Albers

Liste der veröffentlichten Teilergebnisse

- [DTA+15] DUMITRESCU, R.; TSCHIRNER, C.; ALBERS, A. A.; BRETZ, L.: Kollaborative Systemkonzipierung im interaktiven Entwicklungslabor. In: Weisbecker, A.; Burmester, M.; Schmidt, A. (Hrsg.): Mensch und Computer 2015 – Workshopband, De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 2015, S. 171–179
- [AD15] ALBERS, A. A.; DUMITRESCU, R.: Systems Engineering für den Mittelstand. In: Develop3 Systems Engineering, Ausgabe 2, 2015, S. 33–34
- [ABB+15] ALBERS, A. A.; BREMER, C.; BRUNS, T.; DUMITRESCU, R.; KRÜGER, M.: Modellbasierte Analyse und Simulation industrieller Großwäschereien. In: Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Ramig, F.-J.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): 10. Paderborner Workshop Entwurf Mechanischer Systeme, Band 343, Verlagsschriftenreihe des Heinz-Nixdorf-Instituts, Paderborn, 2015
- [GWK+17] GAUSEMEIER, J.; WIESEKE, J.; KOLDEWEY, C.; ECHTERHOFF, B.; MITTAG, T.; SCHNEIDER, M.; ISENBERG, L.; ALBERS, A. A.: Mit Industrie 4.0 zum Unternehmenserfolg – Integrative Planung von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungssystemen. Broschüre, 2017
- [AKD17] ALBERS, A. A.; KÜHN, A.; DUMITRESCU, R.: Modellbasierte Entscheidungsunterstützung in der Produktgenerationenplanung. In: Tag des Systems Engineering (TdSE), 8.–10. November 2017, Paderborn, 2017
- [ABK+18] ALBERS, A. A.; BERNIAZOV, R.; KAISER, L.; DUMITRESCU R.: Internet of Things Canvas for Ideation in Model-Based Product Generation Planning. IEEE – 13th System of Systems Engineering Conference SoSE 2018. Sorbonne Universités, Paris, France, June 19th–22nd, 2018
- [ATK+18] ALBERS, A. A.; TEKAAT, B.; KÜHN; A.; DUMITRESCU, R.: Requirements Profiles as a Basis for Ideation in Product Generation Planning. R&D Management Conference 2018, Milan, Italy, June 30th-July 4th, 2018
- [ADM+18] ALBERS, A.; DUMITRESCU, R; MARTHALER, F.; ALBERS, A.A.; KÜHFUSS, D.; STRAUCH, M.; SIEBE, M.; BURSAC, N.: PGE-Produktgenerationsentwicklung und Zukunftsvorausschau: Eine systematische Betrachtung zur Ermittlung der Zusammenhänge. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. 8.–9. November 2018, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 385, Paderborn, 2018
- [KAB+18] KUMMERT, F.; ALBERS, A.A.; BREMER, C.; BÜTTNER, S.; DELLNITZ, M.; DUMITRESCU, R.; GRÄLER, M.; JUST, V.; MUCHA, H.; PEITZ, S.; RÖCKER, C.; TRÄCHTLER, A.; TSCHIRNER, C.; WANG, S.; WITROWSKI, J.: Eingesetzte wissenschaftliche Methoden. In: TRÄCHTLER, A. (Hrsg.): Ressourceneffiziente Selbstoptimierende Wäscherei – Ergebnisse des ReSerW-Projekts, Springer, Paderborn, 2018
- [ATK+19] ALBERS, A. A.; TEKAAT, B.; KÜHN; A.; DUMITRESCU, R.: Requirement Profiles as a Foundation for customer-centric Ideation in Business-to-Business Markets. In: Proceedings of 29th CIRP Design 2019, Porto, Portugal, June 8th-May 10th, 2019

Zusammenfassung

Das produzierende Gewerbe ist immer häufiger von Commoditisierung betroffen. Dies äußert sich in zunehmend undifferenzierten Produkten. Die Folge ist ein harter Preiswettbewerb, der für Qualitätsführer nicht zu gewinnen ist. Indessen findet ein Wandel von mechatronischen hin zu intelligenten technischen Systemen statt. Dieser Wandel birgt enorme Nutzenpotentiale zur Produktdifferenzierung über Zusatzeigenschaften, die es durch die Produktfindung für neue Produktgenerationen zu erschließen gilt. Für die Suche und Auswahl von differenzierenden Zusatzeigenschaftsideen erscheint die Verwendung von bestehenden Systemmodellen und Informationen über Kunden vielversprechend.

Ziel dieser Arbeit ist eine Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung. Diese unterstützt Unternehmen dabei, basierend auf der Analyse von Systemmodellen und Kunden erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen für neue Produktgenerationen zu finden und auszuwählen. Die Systematik hat vier Bestandteile: Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung, Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung, Anforderungsprofil-Map zur kundenorientierten Ideenfindung sowie eine Bewertungsmethode für Zusatzeigenschaftsideen. Die Systematik wird exemplarisch anhand eines komplexen technischen Systems aus der Druckindustrie angewendet.

Summary

The manufacturing industry is increasingly affected by commoditization, which is reflected in increasingly undifferentiated products. The result is rigorous price competition that cannot be won by quality leaders. Meanwhile, the industry is confronted with the change from mechatronic to intelligent technical systems. This change holds enormous potential for product differentiation via value-added features. The aim is to exploit the potential by finding ideas for value-added features during ideation in product generational planning. The use of existing system models and information about customers appears promising for the search and selection of differentiating value-added features.

The aim of this work is an approach for model-based ideation in product generation planning. The approach supports companies in finding and selecting promising value-added features for new product generations, based on the analysis of system models and customers. It consists of four components: Methods for reference model-based ideation, requirements profile map for customer-oriented ideation, evaluation method for decision support in the selection of ideas and a procedure for model-based ideation in product generation planning. The application of the approach is carried out on the example of a computer-to-plate system.

Inhaltsverzeichnis Seite

1	Einleitung	1
1.1	Problematik.....	1
1.2	Zielsetzung	4
1.3	Vorgehensweise	5
2	Problemanalyse	7
2.1	Begriffsabgrenzung und -definition.....	7
2.1.1	Systematik.....	7
2.1.2	Produkt, Marktleistung, technische Systeme, Produktgeneration und Referenzprodukt	8
2.1.3	Produktgenerationenplanung.....	9
2.1.4	Produktfindung	12
2.1.5	Produktlebenszyklus.....	12
2.1.6	Systemtheorie, System und Systemdenken	14
2.1.7	Modelltheorie und Modelle.....	16
2.1.8	Entscheidungstheorie, Entscheidung, Entscheidungsunterstützung und Unsicherheit.....	16
2.1.9	Idee, Invention und Innovation.....	18
2.2	Von Commoditisierung zur Produktdifferenzierung	19
2.2.1	Commoditisierung von Produkten.....	20
2.2.2	Kundennutzen als Ansatz zur Produktdifferenzierung	23
2.2.3	Kundenzufriedenheit durch Produkteigenschaften	24
2.2.4	Differenzierung über Produktkomponenten	26
2.2.5	Fazit und Einordnung in diese Arbeit.....	27
2.3	Von mechatronischen zu intelligenten technischen Systemen	28
2.3.1	Mechatronische Systeme	29
2.3.2	Intelligente technische Systeme	31
2.3.3	Fazit und Einordnung in diese Arbeit.....	32
2.4	Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER	33
2.5	Produktfindung in der Produktgenerationenplanung.....	35
2.5.1	Vorgehensmodell für die Produktfindung.....	35
2.5.2	Modifikationsziele in der Produktfindung	37
2.5.3	Suchfelder in der Produktfindung	38
2.5.4	Ideenfindung in der Produktgenerationenplanung	41
2.5.5	Ideenauswahl in der Produktgenerationenplanung.....	44
2.5.6	Fazit und Einordnung in diese Arbeit.....	46

2.6	Systems Engineering in der Entwicklung.....	47
2.6.1	Systems-Engineering-Konzept	48
2.6.2	Model-Based Systems Engineering.....	49
2.6.3	Sichten im MBSE.....	52
2.6.4	Fazit und Einordnung in diese Arbeit.....	54
2.7	Problemabgrenzung	55
2.8	Anforderungen an die Systematik.....	57
3	Stand der Technik	61
3.1	Referenzmodellgestützte Ideenfindung	61
3.1.1	Sprachen für die referenzmodellgestützte Ideenfindung	61
3.1.1.1	SysML	62
3.1.1.2	CONSENS.....	63
3.1.1.3	BPMN	66
3.1.1.4	OMEGA	67
3.1.2	Methoden für die referenzmodellgestützte Ideenfindung	69
3.1.2.1	Wertanalyse.....	69
3.1.2.2	HLB-Layer-Methode nach MÜLLER und STARK.....	71
3.1.2.3	Quality Function Deployment (QFD).....	73
3.1.2.4	Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge	75
3.1.2.5	Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme	77
3.2	Kundenorientierte Ideenfindung.....	79
3.2.1	Value Proposition Canvas nach OSTERWALDER ET AL.....	79
3.2.2	Jobs-to-be-done-Theorie und Job Map nach ULWICK	81
3.2.3	Design Thinking	83
3.2.4	Produktprofile nach ALBERS	85
3.2.5	Customer Journey Map / User Story Map	87
3.3	Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen	89
3.3.1	Nutzwertanalyse nach Zangemeister	89
3.3.2	Analytic Hierarchy Process nach SAATY	90
3.3.3	Zielwirkungsbestimmung nach WLEKLINSKI.....	91
3.3.4	Conjoint-Analyse	92
3.4	Bewertung des Stands der Technik.....	94
4	Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung	99
4.1	Überblick über die Systematik	99
4.2	Vorgehensmodell der Systematik	101
4.3	Referenzmodellgestützte Ideenfindung	103

4.3.1 Internet-of-Things-Canvas	107
4.3.2 Umfeld-Analyse	114
4.3.3 Produkt-Geschäftsprozess-Analyse	119
4.4 Kundenorientierte Ideenfindung mit Anforderungsprofilen.....	132
4.4.1 Bestandteile von Anforderungsprofilen und Anforderungsprofil-Maps	133
4.4.2 Modellierung von Anforderungsprofilen	138
4.4.3 Vorgehen zur Ideenfindung mit Anforderungsprofilen	139
4.5 Bewertung und Auswahl von Ideen	141
4.5.1 Bewertung der Strategiekonformität von Zusatzeigenschaftsideen	142
4.5.2 Bestimmung des Kundennutzen- und Synergiepotentials von Zusatzeigenschaftsideen	144
4.5.3 Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen.....	152
5 Anwendung der Systematik und Bewertung.....	159
5.1 Anwendungsbeispiel Plattenbelichter	159
5.2 Phase 1: Referenzmodellgestützte Ideenfindung	161
5.2.1 Anwendung der Methode IoT-Canvas	161
5.2.2 Anwendung der Methode Umfeld-Analyse	163
5.2.3 Anwendung der Methode Produkt-Geschäftsprozess-Analyse	164
5.3 Phase 2: Kundenorientierte Ideenfindung	168
5.4 Phase 3: Bewertung und Auswahl von Ideen	170
5.5 Kritische Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen	172
6 Zusammenfassung und Ausblick	177
7 Abkürzungsverzeichnis	181
8 Literaturverzeichnis	185

Anhang

A1	Ergänzung zum Stand der Technik	A-1
A1.1	Anforderungsprofil nach Brink	A-1
A1.2	Paarweiser Vergleich.....	A-1
A1.3	Überblick über Kreativitätstechniken	A-2
A2	Ergänzung zur Systematik.....	A-3
A2.1	Eigenschaftsideen-Steckbrief	A-3
A2.2	Vorgehen zur nachträglichen Spezifikation eines Systemmodells eines Referenzprodukts.....	A-4
A2.1	Bewertungsmaßstab zur Bewertung der Auftrittswahrscheinlichkeit eines Problems.....	A-5
A2.2	Service-Katalog	A-6

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen der anwendungsorientierten Forschung am FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ENTWURFSTECHNIK MECHATRONIK IEM. Die Ergebnisse resultierten aus mehreren Forschungs- und Industrieprojekten. Stellvertretend sei das vom BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) geförderte Querschnittsprojekt Systems Engineering genannt, das Teil der Technologieplattform des Spitzenzusters Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe (it's OWL) ist [GDJ+14]. Ziel des Verbundprojekts war ein Instrumentarium, das Unternehmen befähigt, effektiv und effizient intelligente technische Systeme zu planen und zu entwickeln. Die Arbeit ist Bestandteil dieses Instrumentariums und beschreibt eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*.

In den Abschnitten 1.1 und 1.2 werden **Problematik** und **Zielsetzung** der vorliegenden Arbeit dargestellt. Abschnitt 1.3 beschreibt die **Vorgehensweise**.

1.1 Problematik

Das produzierende Gewerbe in Deutschland nimmt im globalen Wettbewerb eine Spitzenzposition ein (z. B. Maschinenbau, Automobil- und Elektroindustrie). Produzierende Unternehmen verfolgen überwiegend eine Differenzierungsstrategie und zeichnen sich durch Qualität und Innovation aus [BBB+10], [VDMA14]. Dies ist die Basis für unternehmerischen Erfolg in einem Hochlohnland [GW11, S. 9]. Mit über 1,3 Millionen Beschäftigten in Deutschland, einem Umsatz von 226 Mrd. € und einem Exportanteil von 78,6 % (Stand: 2017) ist bspw. der deutsche Maschinen- und Anlagenbau einer der größten industriellen Arbeitgeber und einer der wichtigsten Industriezweige der Bundesrepublik Deutschland [VDMA18, S. 2ff.].

Der Wettbewerb um Kunden und Märkte wird im produzierenden Gewerbe immer stärker global geführt [VDMA17]. Die hohe Dynamik der Märkte geht einher mit einem verstärkten Wettbewerb, kürzeren Produktlebenszyklen, technologischem Fortschritt und einer beschleunigten Imitation [VDMA14]. Die angebotenen Produkte werden in der Regel immer ähnlicher [HSB09]. Dieser Trend wird als Commoditisierung bezeichnet. Dadurch verlieren ehemals differenzierte Produkte an differenzierenden Eigenschaften und werden von Kunden zunehmend als austauschbar wahrgenommen [HSB09]. Für die Qualitätsführer der Branche ist dieser Trend fatal, da diese Position mit hohen Kosten verbunden ist, die beim Kunden in Form von hohen Preisen durchgesetzt werden müssen [MV08], [HSB09], [Jen11, S. 123ff.]. Ein Ausweg aus der Commoditisierung ist die Planung und Entwicklung neuer Produktgenerationen, die Eigenschaften mit einzigartigem Kundennutzen aufweisen. Das stellt Unternehmen vor die Herausforderung, Ideen für solche Eigenschaften zu finden.

Die Produkte des produzierenden Gewerbes sind in der Regel mechatronische Systeme, die auf dem Zusammenwirken unterschiedlicher Fachdisziplinen beruhen (z. B. Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik) [VDI2206]. Diese mechatronischen Systeme wandeln sich zusehends zu intelligenten technischen Systemen (ITS) [GAC+13, S. 14]. Der Wandel basiert auf der zunehmenden Durchdringung der technischen Systeme mit Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und ist mit einer steigenden Komplexität verbunden [Dum11], [GAC+13, S. 14]. Neben den originären Kerneigenschaften (z. B. Belichtungsfunktionalität eines Plattenbelichters oder Zerspanungsfunktionalität eines Bearbeitungszentrums) realisieren diese Systeme Zusatzeigenschaften und Value-Added Services (z. B. vorausschauende Instandhaltung) [Hom17, S. 558f.]. ITS mit solchen Zusatzeigenschaften können von Kunden als Produkt mit differenzierenden Begeisterungseigenschaften wahrgenommen werden, wenn diese wesentliche Nutzenvorteile aufweisen [BHM+96], [HSB14, S. 29]. Für zukünftige Produktgenerationen müssen somit Ideen für differenzierende Zusatzeigenschaften gefunden und ausgewählt werden, sog. Zusatzeigenschaftsideen [BLO+15, S. 25ff.]. Dabei gilt es, insbesondere die Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme für die Produktdifferenzierung zu erschließen.

Aus wirtschaftlichen Gründen wird im produzierenden Gewerbe in der Regel kein komplett neues Produkt angestrebt, sondern angelehnt an Referenzprodukte werden neue Produktgenerationen geplant. Als Basis-Referenzprodukt dient dabei in den meisten Fällen eine bestehende Vorgängergeneration, worauf diese Arbeit beschränkt ist [ABW15]. Die strategische Planung von Produktgenerationen wird als Produktgenerationenplanung bezeichnet. In dieser kann in der Regel auf eine Vorgängergeneration, Informationen aus bestehenden produktbegleitenden Artefakten (z. B. Systemspezifikation, Kundenlisten und Kundensegmentierungen) und Wissen¹ der Mitarbeiter (z. B. zu Produktanwendungsfällen, Kundenproblemen und Kundenbedürfnissen) zurückgegriffen werden [ARH+18].

Eine Teilaufgabe der Produktgenerationenplanung ist die Produktfindung, die sich mit der Suche und Auswahl von Ideen beschäftigt [GP14, S. 25f.]. Die wesentlichen Phasen der Produktfindung sind die Ideenfindung und Ideenauswahl. Ausgangspunkt der Produktfindung sind definierte Suchfelder, die Denkräume abstecken, in denen Ideen gesucht

¹ Nach PROBST ET AL. bezeichnet Wissen „*die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch praktische Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge*“ [PRR12, S. 23]. Die Schritte zur Generierung von Wissen fasst NORTH in Form der Wissenstreppe zusammen [Nor16, S. 23ff.]. Vor diesem Hintergrund werden Daten als Zeichen- und Zahlenketten ohne Bedeutung verstanden [AN95, S. 196]. Daten werden zu Informationen, wenn sie um eine semantische Bedeutung (Kontext) erweitert werden [AN95, S. 196]. Durch die Vernetzung mit aktuellen oder in der Vergangenheit liegenden Informationen entsteht Wissen [PRR12], [Nor16].

werden [GDE+18]. In der Produktgenerationenplanung bieten sich die Suchfelder bestehende Kunden (z. B. Anwender von Vorgängergenerationen) und Vorgängergeneration mit produktbegleitenden Artefakten (z. B. Spezifikation der Systemarchitektur, der Funktionen und des Systemverhaltens) an, da zu diesen umfangreiche Informationen zur Analyse verfügbar sind.

Werden in der Ideenfindung Kunden analysiert und Kundenbedürfnisse fokussiert, dann kann dies als kundenorientierte Ideenfindung bezeichnet werden. In dieser werden häufig Kundenprobleme als Ausgangspunkt für die Suche nach Ideen verwendet. Zu beachten ist, dass im produzierenden Gewerbe Kaufentscheidungen in der Regel von mehreren Personen getroffen werden, deren Probleme und Bedürfnisse einzubeziehen sind. Unklar ist, wie diese Probleme systematisch identifiziert und für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen genutzt werden.

Die Verwendung einer Vorgängergeneration und produktbegleitender Artefakte als Analysegegenstand stellt einen weiteren Ausgangspunkt für die Ideenfindung dar. Hierbei werden in der Regel zunächst Probleme und Potentiale (z. B. im Kontext des Wandels technischer Systeme) eines bestehenden technischen Systems identifiziert, um auf dieser Grundlage Ideen zu suchen. Im Kontext des Wandels technischer Systeme erscheinen Referenzmodelle als Analysegegenstand vielversprechend, die wesentliche technische Informationen über eine Vorgängergeneration umfassen (z. B. Systemarchitektur, Anwendungsszenarien, Funktionen und Systemverhalten) und somit eine geeignete Grundlage für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen bieten. Referenzmodelle, die dieses Kriterium erfüllen und eine referenzmodellgestützte Ideenfindung ermöglichen könnten, sind bestehende Systemmodelle von Vorgängergenerationen.

Systemmodelle entstehen in der Produktentwicklung, in der aufgrund steigender Komplexität der technischen Systeme und Prozesse immer häufiger mit dem Systems-Engineering- bzw. dem Model-Based-Systems-Engineering(MBSE)-Ansatz gearbeitet wird [GCW+13]. Sie beschreiben Systeme fachdisziplinübergreifend und dienen als Verständigungsmittel zwischen verschiedenen Disziplinen (z. B. Mechanik, Elektrik/Elektronik und Softwaretechnik) [GDS+13, S. 36]. Systemmodelle repräsentieren zu jedem Zeitpunkt den aktuellen Stand eines Systems und werden nach der Entwicklung weitergepflegt. Problematisch ist, dass Systemmodelle von Vorgängergenerationen häufig sehr umfangreich und für Produktplaner kaum überschaubar sind. Aufgrund des Mangels an geeigneten Ansätzen bleiben bisher verfügbare Informationen (z. B. zu Anwendungsszenarien) aus bestehenden Systemmodellen in der Ideenfindung ungenutzt.

Nach der Ideenfindung liegen in der Regel zahlreiche Ideen vor, die aus wirtschaftlichen Gründen nicht komplett umgesetzt werden können. Das bedeutet, die Ideen müssen anhand von Kriterien bewertet und ausgewählt werden. Um Zusatzeigenschaftsideen u. a. mit hohem Differenzierungspotential zu identifizieren, müssen geeignete Bewertungskriterien verwendet werden. Gleichzeitig gilt es, eine effektive und effiziente Bewertung

einer Vielzahl von Zusatzeigenschaftsideen für eine wirtschaftliche Ideenauswahl sicherzustellen.

Zusammenfassend lässt sich vor dem Hintergrund der Commoditisierung festhalten, dass Unternehmen die Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme erschließen sollten, um Produktgenerationen mit differenzierenden Zusatzeigenschaften anzubieten. Sie stehen somit vor der Herausforderung, erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen zu finden und auszuwählen, die eine Produktdifferenzierung ermöglichen. Um Zusatzeigenschaftsideen zu finden, können Unternehmen in der Produktfindung im Rahmen einer Produktgenerationenplanung auf bestehende Systemmodelle von Vorgängergenerationen und Informationen über bestehende Kunden zurückgreifen. Indes wird deren Nutzung zur referenzmodellgestützten und kundenorientierten Ideenfindung bisher ungenügend systematisch unterstützt. Darüber hinaus gilt es, die effektive und effiziente Auswahl von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen sicherzustellen.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*. Diese soll Unternehmen in die Lage versetzen, erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen für neue Produktgenerationen zu finden und auszuwählen.

Um die Problematik zu adressieren, soll die zu entwickelnde **Systematik** aus **vier Bestandteilen** bestehen: **1) Vorgehensmodell** zur modellgestützten Produktfindung, **2) Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung**, **3) Methode zur kundenorientierten Ideenfindung** und **4) Bewertungsmethode** für die **Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen**.

1) Ein Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung beschreibt die durchzuführenden Tätigkeiten, angefangen bei der referenzmodellgestützten Ideenfindung (durch Verwendung bestehender Systemmodelle), über eine kundenorientierte Ideenfindung, basierend auf der Analyse von Kunden, bis zur Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen. Das Vorgehensmodell steuert den Einsatz der Methoden und dient als Leitfaden zur Anwendung der Systematik. **2)** Die Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung machen bestehende Systemmodelle von Vorgängergenerationen nutzbar. Dies ermöglicht die systematische Analyse von Suchfeldern, die insbesondere die Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme erlauben. **3)** Die Methode zur kundenorientierten Ideenfindung unterstützt die Suche von Zusatzeigenschaftsideen, indem Kundenbedürfnisse von Stakeholdern² des Beschaffungsprozesses im produzierenden Gewerbe berücksichtigt werden. Um verschiedene Mitarbeiter mit Wissen

² Stakeholder sind Gruppen oder Individuen, die die Zielerreichung von Unternehmen beeinflussen oder von ihr beeinflusst werden [Fre84, S. 46].

über Kunden einbeziehen zu können, wird die Durchführung von interdisziplinären Workshops durch geeignete Vorlagen ermöglicht. Zur Dokumentation und Weiterverwendung der Informationen über Kunden wird die Modellierung der Ergebnisse unterstützt. **4)** Eine geeignete Bewertungsmethode erlaubt die zielgerichtete Auswahl von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen.

1.3 Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit ist in sechs Kapitel gegliedert. Nach der Einleitung in diesem Kapitel wird in **Kapitel 2** die dargelegte Problematik präzisiert. Hierfür werden die für diese Arbeit relevanten Begriffe definiert und das Forschungsfeld eingegrenzt. Ausgehend vom Trend der Commoditisierung von Produkten wird die Produktdifferenzierung als Lösungsansatz diskutiert. Es folgt die Beschreibung des Wandels von mechatronischen zu intelligenten technischen Systemen, der Unternehmen faszinierende Nutzenpotentiale hinsichtlich einer Differenzierung über Produkteigenschaften eröffnet. Aufgezeigt werden die wesentlichen Charakteristika dieser Systeme und die mit dem Wandel technischer Systeme verbundenen Chancen und Risiken. Anschließend wird die Systematik im Produktentstehungsprozess verortet und die wesentlichen Bestandteile dieses Prozesses dargestellt. Es folgt die Diskussion der Produktfindung und der Herausforderungen, die mit der Suche und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen verbunden sind. Zur Entwicklung komplexer technischer Systeme wird in der Praxis zunehmend ein Systems-Engineering-Ansatz verfolgt. Deshalb bildet Systems Engineering bzw. Model-Based Systems Engineering einen weiteren Schwerpunkt des zweiten Kapitels. Im Rahmen einer Problemabgrenzung werden wesentliche Herausforderungen in Handlungsfelder strukturiert und zusammengefasst. Die Problemanalyse schließt mit der Ableitung von Anforderungen an eine zu entwickelnde Systematik.

In **Kapitel 3** wird der Stand der Technik analysiert. Hierfür werden Ansätze vorgestellt, die sich zur Erfüllung der im zweiten Kapitel definierten Anforderungen eignen. Zunächst werden Sprachen und Methoden zur Modellierung und Analyse von Systemmodellen als Grundlage einer referenzmodellgestützten Ideenfindung untersucht. Anschließend werden Methoden und Ansätze analysiert, die eine kundenorientierte Ideenfindung ermöglichen. Vor dem Hintergrund einer notwendigen Bewertung und Auswahl von Ideen erfolgt die Betrachtung von Ansätzen zur Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen. Abschließend werden die analysierten Ansätze hinsichtlich der in Kapitel 2 formulierten Anforderungen bewertet. Daraus resultiert der Handlungsbedarf für eine zu entwickelnde Systematik.

Kern der Arbeit bildet das **Kapitel 4**. Darin wird die *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung* vorgestellt. Ausgangspunkt ist ein Überblick über die Systematik und ihre Bestandteile. Anschließend werden die einzelnen Bestandteile der Systematik näher vorgestellt. Wesentliche Bestandteile sind ein Vorge-

hensmodell für die modellgestützte Produktfindung, Methoden zur referenzmodellge-stützten Ideenfindung, eine Methode zur kundenorientierten Ideenfindung und eine Be-wertungsmethode für Zusatzeigenschaftsideen.

Die Validierung der Systematik ist Gegenstand von **Kapitel 5**. Anhand eines Plattenbe-lichters für den Zeitungsdruck wird die Anwendung der Systematik demonstriert. Das Kapitel schließt mit der Bewertung der Systematik anhand der in Kapitel 2 definierten Anforderungen.

Das **Kapitel 6** fasst die Inhalte der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick für zukünf-tige Forschungsarbeiten.

Der **Anhang** umfasst ergänzende Informationen zum Stand der Technik und zur Syste-matik.

2 Problemanalyse

Das Ziel der Problemanalyse sind Anforderungen an eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*. Hierfür werden in Abschnitt 2.1 wesentliche Begriffe definiert und die Ausrichtung der Arbeit beschrieben. In Abschnitt 2.2 werden die zunehmende Commoditisierung von Produkten und die Produktdifferenzierung als Ausweg diskutiert. In der vorliegenden Arbeit stehen mechatronische Systeme im Fokus, daher werden in Abschnitt 2.3 die Charakteristika mechatronischer Systeme und deren Wandel beschrieben. Ferner wird aufgezeigt, welche Potentiale derartige technische Systeme besitzen. Anschließend wird zur Verortung der Arbeit in Abschnitt 2.4 ein Produktentstehungsprozess vorgestellt. In Abschnitt 2.5 wird die Produktfindung diskutiert. Hierbei werden die zwei wesentlichen Phasen Ideenfindung und Ideenauswahl sowie die Herausforderungen der Produktfindung in der Produktgenerationenplanung erörtert. Die Entwicklung mechatronischer Systeme mit dem Systems-Engineering-Ansatz wird in Abschnitt 2.6 diskutiert. In diesem Zusammenhang wird das Model-Based Systems Engineering vorgestellt. Abschnitt 2.7 umfasst eine Problemabgrenzung und Handlungsfelder für die zu entwickelnde Systematik. Das Resultat der Problemanalyse sind Anforderungen an die Systematik und deren Beschreibung in Abschnitt 2.8.

2.1 Begriffsabgrenzung und -definition

In den Abschnitten 2.1.1 bis 2.1.9 werden die zentralen Begriffe dieser Arbeit definiert. Hierdurch wird ein einheitliches Verständnis der Begriffe geschaffen.

2.1.1 Systematik

Gegenstand dieser Arbeit ist eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*. Nachfolgend wird der Begriff Systematik definiert.

Der Begriff Systematik wird insbesondere in den Disziplinen Biologie, Rechtswissenschaften und Statistik verwendet. Eine **Systematik** bezeichnet im allgemeinen Sprachgebrauch die planmäßige, einheitliche Darstellung oder Gestaltung nach bestimmten Ordnungsprinzipien [Dud17-ol]. Von diesem Begriffsverständnis ausgehend und in Anlehnung an DUMITRESCU bezeichnet eine Systematik ein allgemeines Rahmenwerk. Dieses besteht aus aufgabenspezifischen Vorgehensmodellen und Hilfsmitteln zu deren Unterstützung. Hilfsmittel können bspw. Methoden, Spezifikationstechniken, Modellierungssprachen oder Werkzeuge sein [Dum11, S. 5f.]. Diesem Verständnis wird in dieser Arbeit gefolgt.

2.1.2 Produkt, Marktleistung, technische Systeme, Produktgeneration und Referenzprodukt

Die Begriffe Produkt, Marktleistung, technische Systeme, Produktgeneration und Referenzprodukt werden in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Deshalb werden sie zunächst definiert und auf den in dieser Arbeit adressierten Begriff eingegrenzt.

Der Begriff **Produkt** stammt vom lateinischen Wort *producere* ab und bedeutet *hervorbringen* [Bro06, S. 133]. In der Literatur wird der Begriff Produkt häufig als ein Bündel von Eigenschaften bzw. Produkteigenschaften definiert, die auf die Schaffung von Kundennutzen abzielen [HK09], [Hom17, S. 556f.]. Damit ist eine technisch, wirtschaftlich und sozial determinierte Problemlösung für den Kunden verbunden [Sab91, S. 39]. Aus Kundensicht stellt ein Produkt häufig ein Nutzenbündel dar, das als Mittel zur Bedürfnisbefriedigung dient [KAW+11], [Hom17]. In Anlehnung an KOTLER können drei unterschiedliche Begriffsverständnisse unterschieden werden: der substanzelle, erweiterte und generische Produktbegriff [Kot72]. Der substanzelle Produktbegriff bezieht sich insbesondere auf ein Bündel von physikalisch-technischen Eigenschaften mit dem Fokus der Befriedigung von funktionalen Kundenbedürfnissen³ [Hom17, S. 557]. Der erweiterte Produktbegriff umfasst sowohl Sach- als auch Dienstleistungen, die zur Befriedigung von Kundenbedürfnissen angeboten werden [Kot72]. Diesem erweiterten Produktbegriff folgen in der Literatur weitere Autoren, die teilweise andere synonyme Begriffe verwenden, bspw. hybride Produkte [SD03, S. 476], hybride Leistungsbündel [EKR93, S. 398], [SG08, S. 61ff.] und Produkt-Service-Systeme (PSS) [SBH+13, S. 919], [ASS+07, S. 579]. Der generische Produktbegriff umfasst Sach- und Dienstleistungen. Zusätzlich werden neben dem funktionalen Nutzen andere Nutzenkategorien berücksichtigt (z. B. emotionaler und sozialer Nutzen) [Hom17, S. 557]. In dieser Arbeit wird unter Produkt ein erweitertes Produkt verstanden. Hierbei ist das Produkt ein Bündel von Eigenschaften, das auf die Generierung von Kundennutzen abzielt [Hom17, S. 557].

Eine **Marktleistung** ist ein Angebot am Markt bestehend aus reinen Sachleistungen, reinen Dienstleistungen oder eine Kombination aus Sach- und Dienstleistungen [GP14, S. 160]. Der Begriff wird in dieser Arbeit synonym zum erweiterten Produktbegriff verwendet.

Technische Systeme sind nach EHRLENSPIEL *künstlich erzeugte geometrischstoffliche Gebilde, die einen bestimmten Zweck (Funktion) erfüllen, also Operationen (physikalische, chemische, biologische Prozesse) bewirken* [EM13]. Der Begriff technisches System, auch technisches Sachsystem, beschreibt „komplexe“ technische Produkte (z. B. Werkzeugmaschinen) [Rop09, S. 120].

³ Ein Kundenbedürfnis umschreibt das Verlangen eines Kunden nach der Behebung eines (ggf. subjektiv empfundenen) Mangels. Kundenbedürfnisse werden durch Mangelbeseitigung befriedigt [San74, S. 313ff.].

Produktgenerationen beziehen sich grundsätzlich auf bereits existierende technische Systeme samt deren Struktur und Teilsysteme [ABW15]. Solche Systeme können bspw. aus dem direkten Vorgänger, aus Wettbewerbsprodukten oder aus Teilsystemen anderer Branchen stammen, die als Referenzsystemelemente eines Referenzsystems bezeichnet werden [ARS+19]. Ausgehend von den Referenzsystemelementen eines Referenzsystems ist eine Produktgeneration eine Kombination aus Übernahmevariations- (ÜV) sowie Gestalt- (GV) und Prinzipvariationsanteilen (PV) [ABW15].

Die wichtigsten Referenzsystemelemente eines Referenzsystems sind externe und interne **Referenzprodukte**. (Unternehmens-)Externe Referenzprodukte sind Produkte und Technologien, die außerhalb eines betrachteten Unternehmens entwickelt wurden, aber als Referenz für eine Entwicklung dienen (z. B. Wettbewerbsprodukte). (Unternehmens-)Interne Referenzprodukte sind Produkte und Technologien, die in der Vergangenheit innerhalb eines betrachteten Unternehmens entwickelt wurden. Bei ihnen steht nicht nur das Produkt selbst als Referenz zur Verfügung, sondern auch (Entwicklungs-)Artefakte (z. B. Systemmodelle, 3D-CAD⁴-Modelle und Produktdokumentation) und Wissen der Mitarbeiter (z. B. Entwicklungserfahrung) [AGH+16]. Häufig handelt es sich bei internen Referenzprodukten um Vorgängergenerationen. Diese Vorgängergenerationen können als sog. **Basis-Referenzprodukte** dienen, bei denen die meisten Strukturen und Subsysteme in neuen Produktgenerationen übernommen werden [PPB+17].

Fazit: In dieser Arbeit wird unter Produkt ein Bündel von Eigenschaften verstanden, das auf die Erzeugung von Kundennutzen abzielt [Hom17, S. 557]. Diese Definition umfasst Sachleistungen und ergänzende Sach- und Dienstleistungen. Demzufolge wird der erweiterte Produktbegriff verwendet. Im Fokus stehen technische Systeme, die auf dem Zusammenwirken mechanischer, elektronischer, Regelungstechnischer und softwaretechnischer Komponenten beruhen. Neue Produktgenerationen basieren in dieser Arbeit grundsätzlich auf einer bestehenden Vorgängergeneration, die als Basis-Referenzprodukt dient.

2.1.3 Produktgenerationenplanung

In den Ingenieurwissenschaften werden Produktgenerationen in jüngster Zeit unter Produktplanungs- und Entwicklungsaspekten diskutiert. Kern ist die Erkenntnis, dass in der Praxis u. a. aus wirtschaftlichen Gründen die wenigsten Entwicklungsprojekte eine komplette Neuentwicklung fokussieren [ABW15]. Vielmehr stehen sog. Produktgenerationen im Vordergrund der strategischen Produktplanung und Entwicklung. Hierbei werden u. a. auf Grundlage von Referenzprodukten (z. B. Vorgängergeneration) neue Produktgenerationen entwickelt [ARH+18].

⁴ CAD ist ein Akronym für *Computer-Aided Design*. CAD bezeichnet die Unterstützung der Entwicklung und Konstruktion mittels elektronischer Datenverarbeitung.

Die **Produktgenerationenplanung** befasst sich mit der strategischen Planung von Produktgenerationen. Hierbei umfasst die strategische Planung⁵ die Aufgabenbereiche Potentialfindung, Produktfindung und Geschäftsplanung [GP14, S. 91]. Aufgrund der herausragenden Bedeutung von Referenzprodukten, begleitender Artefakte und des Wissens der Mitarbeiter für die Planung von Produktgenerationen [ABK+18] wird diese Art der strategischen Produktplanung in dieser Arbeit als Produktgenerationenplanung bezeichnet.

Abgrenzung und Einordnung der Produktgenerationenplanung

In der Literatur bestehen verschiedene nicht überschneidungsfreie Ansätze und Begrifflichkeiten zur Planung von Produktgenerationen: Produktstrategieentwicklung, Technologiestrategieentwicklung und Produktgenerationenentwicklung. Zur Einordnung und Abgrenzung werden diese Ansätze vorgestellt und von der Produktgenerationenplanung abgegrenzt.

Die **Produktstrategie**⁶ konkretisiert eine Unternehmens- bzw. Geschäftsstrategie [Pei15, S. 21]. Dabei beantwortet die Unternehmens- bzw. Geschäftsstrategie Fragen zum Produktprogramm⁷, zum anvisierten Markt, zum Wettbewerb, zur strategischen Stoßrichtung sowie zu notwendigen Kompetenzen, Zielen, Risiken und Maßnahmen [Pei15, S. 21]. Produktstrategien werden für Produktfamilien, Produktlinien oder einzelne Produkte erarbeitet [Küh16, S. 27f.]. Eine Produktstrategie beschreibt, wie Produktvarianten und Produktgenerationen unter Berücksichtigung von Produktlebenszyklen wirtschaftlich entwickelt und angeboten werden können [Pei15, S. 21]. Nach GAUSEMEIER ist die Produktstrategieentwicklung Teil der Geschäftsplanung und umfasst Aussagen über die konkrete Produktprogrammgestaltung, die optimale Variantenvielfalt, eingesetzte Technologien und die Programmpflege über den Produktlebenszyklus [GP14, S. 25].

Aus der Produktstrategie ergibt sich, ob und wenn ja, unter welchen produktpolitischen Maßnahmen neue Produktgenerationen geplant werden sollen. Unterschieden werden die Maßnahmen Produktvariation, Produktvariantenentwicklung⁸, Produktdiversifikation und Produktelimination [BV14, S. 240ff.]. Die Maßnahmen Produktvariation, Produkt-

⁵ Die Begriffe Strategische Planung und Strategische Produktplanung werden im Rahmen dieser Arbeit synonym verwendet.

⁶ Alternative Definitionen des Begriffs Produktstrategie finden sich beispielsweise bei [Cla94, S. 347], [UE99, S. 37].

⁷ Unter einem Produktprogramm wird die Gesamtheit aller Produktlinien und Produkte verstanden, die ein Unternehmen zu einem bestimmten Zeitraum anbietet [Hom17, S. 610].

⁸ Diese wird in der betriebswirtschaftlichen Literatur häufig auch als Produktdifferenzierung bezeichnet. Unter Produktdifferenzierung wird dabei die Differenzierung der Produkte innerhalb eines Produktprogramms verstanden [Hom17, S. 183].

variantenentwicklung und Produktdiversifikation stoßen die Planung einer neuen Produktgeneration an. Die Produktstrategie initialisiert somit die Durchführung einer Produktgenerationenplanung.

Neben der Produktstrategie hat die **Technologiestrategie** Auswirkungen auf die Produktgenerationenplanung. Die Technologiestrategie trifft eine Aussage über die Entwicklung und Nutzung von Technologien in Unternehmen. Technologiestrategien können als „*funktional ausgerichtete, relativ stabil ausgeprägte Handlungsmuster bei der Generierung und Verwertung neuen Wissens*“ definiert werden [ABH01, S. 27]. Damit bestimmt die Technologiestrategie die Entwicklung und den Einsatz von Technologien in Unternehmen. Ziel ist der strategische Einsatz von Technologien (z. B. in Produkten oder Produktionssystemen), um einen Wettbewerbsvorsprung zu erzielen [Tsc98, S. 293f.], [Bri10, S. 11]. Die Technologiestrategie beinhaltet verfügbare oder einzusetzende Technologien für neue Produktgenerationen.

Nach ALBERS wird unter **Produktgenerationsentwicklung** sowohl die Entwicklung als auch die strategische Planung von Produktgenerationen verstanden [ARB+16]. Dabei wird die strategische Produktplanung bzw. Produktgenerationenplanung im integrierten Produktentstehungsmodell (iPeM) in der Ebene Strategie verortet.

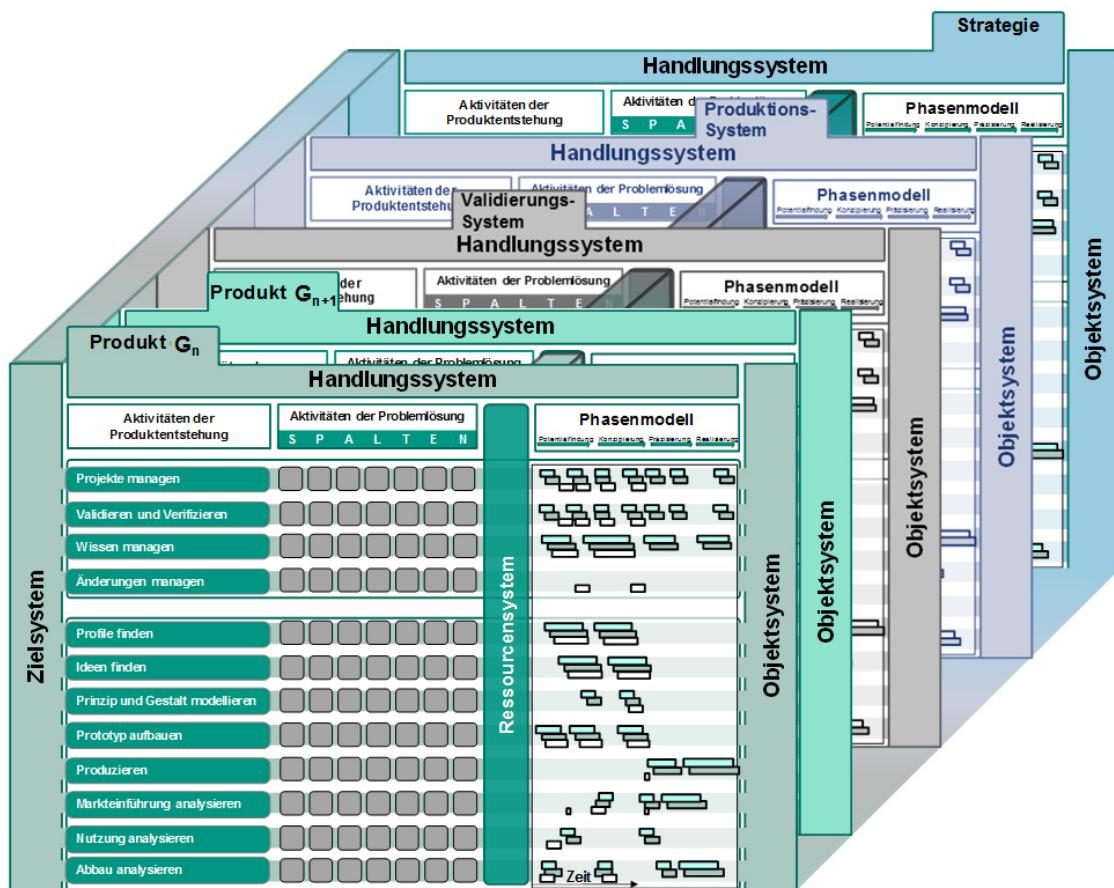


Bild 2-1: Das integrierte Produktentstehungsmodell (iPeM) nach [ARB+16]

Das Modell umfasst verschiedene Ebenen für Produkte, Produktgenerationen, Validierungssysteme, Produktionssysteme und Strategien mit verschiedenen Aktivitäten [ABM+05], [ARB+16]. Die Ebene Strategie bzw. Strategieentwicklung steht in wechselseitiger Beziehung mit allen anderen Ebenen und entspricht im Wesentlichen der Produktgenerationsplanung.

Fazit: Die Produktgenerationenplanung ist eine spezifische strategische Produktplanung, bei der auf Referenzsystemelemente zurückgegriffen wird (z. B. Referenzprodukte, begleitende Artefakte und Wissen). Diese Arbeit ist begrenzt auf die Verwendung von Vorgängergenerationen als Basis-Referenzprodukte, Informationen aus produktbegleitenden Artefakten sowie Wissen der Mitarbeiter.

2.1.4 Produktfindung

Der Begriff Produktfindung ist zentral in dieser Arbeit. Aus diesem Grund wird der Begriff nachfolgend definiert und eingegrenzt.

In der VDI-Richtlinie 2220 wird die Produktfindung als zentraler Aktionsbereich der Produktplanung bezeichnet. Ausgehend von vorgegebenen Suchfeldern⁹ und unter Berücksichtigung von ermittelten Unternehmenspotentialen¹⁰ werden neue Produktideen gesucht, erfolgversprechende Ideen identifiziert und ein Produkt definiert [VDI2220, S. 3ff.].

Nach GAUSEMEIER sind der Ausgangspunkt der Produktfindung identifizierte Erfolgspotentiale. Die Produktfindung beschäftigt sich mit der Suche und der Auswahl neuer Produkt- und Dienstleistungsideen. Resultat der Produktfindung ist ein Entwicklungsauftrag [GDE+18, S. 89f.]. Andere Autoren der Ingenieurwissenschaften verwenden den Begriff Produktfindung nicht, beschreiben aber vergleichbare Ziele und Aufgaben im Rahmen der Produktentstehung [ABM+05], [EBG+03], [FG13].

Fazit: Die Produktfindung beschäftigt sich im Kontext dieser Arbeit mit der Suche und Auswahl von Ideen für neue Produktgenerationen.

2.1.5 Produktlebenszyklus

Die Analyse des intrinsischen Produktlebenszyklus kann als Ansatzpunkt für die Produktfindung dienen. Nachfolgend wird der intrinsische Produktlebenszyklus von anderen Produktlebenszykluskonzepten abgegrenzt.

⁹ Suchfelder werden in der VDI-Richtlinie 2220 als Aktionsbereiche definiert, innerhalb derer nach neuen Produktideen gesucht werden soll [VDI2220, S. 4].

¹⁰ Die VDI-Richtlinie 2220 definiert Unternehmenspotentiale als die Gesamtheit der Möglichkeiten eines Unternehmens, eine Nachfrage nach Problemlösungen zu erfüllen [VDI2220].

Grundsätzlich können drei Produktlebenszykluskonzepte unterschieden werden: der betriebswirtschaftliche, der technologische und der intrinsische Produktlebenszyklus (siehe Bild 2-2) [FG13, S. 296ff.]:

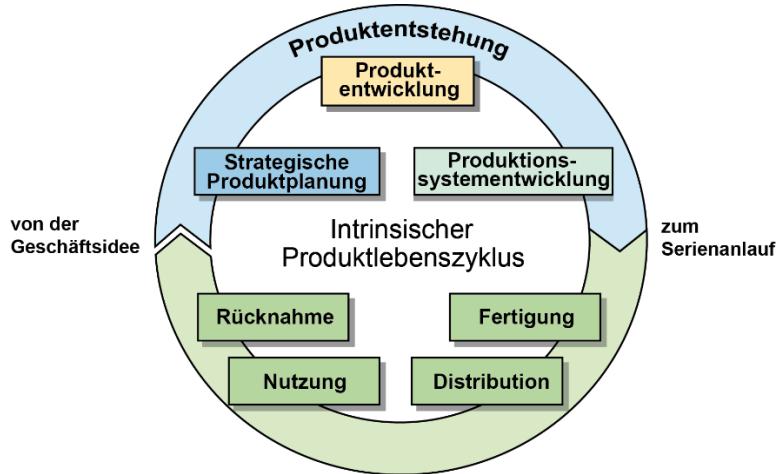


Bild 2-2: Phasen eines intrinsischen Produktlebenszyklus nach [GLR+00, S. 3]

Der **betriebswirtschaftliche Produktlebenszyklus** ist ein Konzept, das den Prozess von der Markteinführung eines Produkts bis zu seiner Herausnahme aus dem Markt beschreibt. Darin durchläuft jedes Produkt vier Phasen: Einführungsphase, Wachstumsphase, Sättigungsphase und Degenerationsphase. Über die Phasen hinweg entstehen charakteristische Kurven des Umsatzes über die Zeit [Bie87, S. 94], [GEK01, S. 173].

Der **technologische Produktlebenszyklus** bezieht sich auf den zeitlichen Verlauf einer technologischen Weiterentwicklung in einem Produkt oder einem Produktprogramm. Demnach folgt die Leistung eines Produkts in einem zeitlichen Versatz der Leistungsfähigkeit der Technologie, die einem Technologielebenszyklus folgt [Bre05], [FG13, S. 297].

Der **intrinsische Produktlebenszyklus** bezieht sich auf die individuellen Abläufe eines Produkts in dessen Lebensdauer, beginnend bei der Idee in der strategischen Produktplanung über die Produktentwicklung, Produktionssystementwicklung, Fertigung, Distribution, Nutzung bis zur Rücknahme [GLR+00, S. 3].

Fazit: Die Analyse des intrinsischen Produktlebenszyklus kann in der Produktfindung als Ansatzpunkt zur Findung von Ideen dienen. In dieser Arbeit wird daher unter Produktlebenszyklus der intrinsische Produktlebenszyklus verstanden.

2.1.6 Systemtheorie, System und Systemdenken

System und Systemdenken sind zentrale Begriffe dieser Arbeit. Die Begriffe werden nachfolgend definiert.

Das moderne Systemverständnis beruht auf unabhängig voneinander entwickelten Ansätzen, die später verbunden und erweitert wurden. Der Begriff **Systemtheorie** bzw. Systemlehre wurde in den 1940er-Jahren von BERTALANFFY begründet. Er bezeichnet technische Systeme als offene Systeme und entwickelte den Begriff der organisierten Komplexität. Dieser Begriff beschreibt den dynamischen Austausch mit der Umwelt. Erst mit dem Informationsbegriff konnte das Konzept weiter generalisiert werden. Bereits 1948 hatte WIENER mit dem Begriff Kybernetik einen weiteren zentralen Bestandteil des Systembegriffs geprägt [Wie48]. 1969 veröffentlicht BERTALANFFY seine General Systems Theory, die das Schlüsselwerk für das heutige Verständnis des Begriffs darstellt [Ber72].

Ein **System** besteht demnach aus Elementen, die miteinander in Beziehung stehen. Diese Elemente können wiederum als System betrachtet werden. Sie sind untereinander durch Beziehungen verbunden; dies sind z. B. Materialflüsse, Informationen und anderweitige Wirkzusammenhänge. Elemente haben Eigenschaften (z. B. Bauraum, Zustände und Kosten). Eine besonders wichtige Eigenschaft ist die Funktion; sie beschreibt in der Regel den originären Zweck (z. B. Energie wandeln). Unter Systemgrenze wird eine Abgrenzung zwischen dem System von seiner Umgebung verstanden, mit der es ebenfalls über Beziehungen verbunden ist. Eine Systemgrenze ist eine mehr oder weniger willkürliche Abgrenzung zwischen dem System und seiner Umwelt. Die Anordnung der Elemente und Beziehungen wird als Systemstruktur bezeichnet [Fuc02, S. 14], [Ehr17, S. 28ff.], [Rop09, S. 76ff.], [HWF+12, S. 34ff.]. ROPOHL beschreibt Systeme in drei Konzepten: hierarchisches, strukturelles und funktionales Konzept (siehe Bild 2-3) [Rop09, S. 76]:

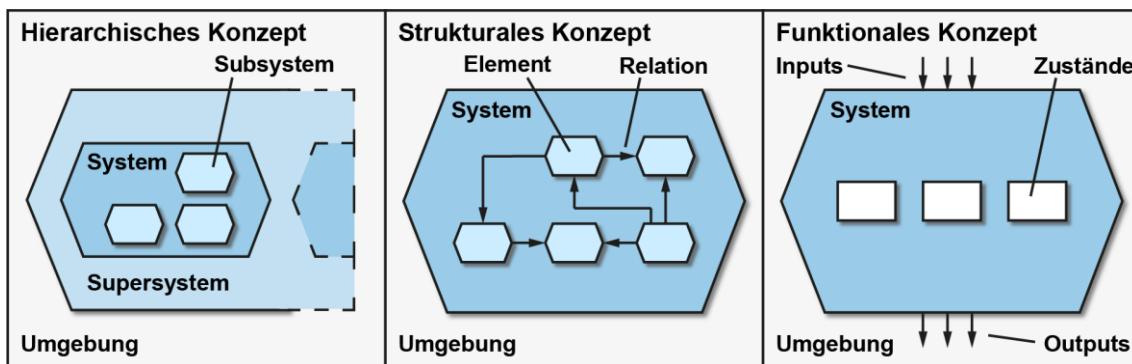


Bild 2-3: Konzepte der Systemtheorie (angelehnt an [Rop09, S. 76])

Das **hierarchische Systemkonzept** beschreibt Systemelemente als Subsysteme eines Systems. Systeme können wiederum Teil eines übergeordneten Supersystems sein. Ein System kann also hierarchisch geordnet werden.

Das **strukturelle Systemkonzept** betrachtet die Systemelemente inklusive der untereinander bestehenden Beziehungen. Mit diesem Konzept lässt sich die Emergenz von Systemeigenschaften erklären, die sich auf Basis vielfältiger Beziehungen zwischen den Elementen auf Systemebenen ergeben. Demnach sind die Eigenschaften eines Systems mehr als die Summe seiner Bestandteile.

Das **funktionale Systemkonzept** beschreibt das Verhalten des Systems als Black Box¹¹. Dieses Konzept beschreibt, wie das System durch Eingangs- und Ausgangsgrößen mit seiner Umgebung interagiert und welche Systemzustände eingenommen werden.

Der Systembegriff kann sowohl auf die Produktentstehung als auch auf Produkte (vgl. Abschnitt 2.1.2) angewendet werden. Dabei kann jedes System aus unterschiedlichen Standpunkten – gewissermaßen durch eine Art Filter – betrachtet und beschrieben werden (siehe Bild 2-3). Im Fokus dieser Art der Betrachtung und Beschreibung stehen einzelne Aspekte eines Systems [HWF+12, S. 39]. Dadurch lassen sich bspw. für verschiedene Stakeholder wie Produktplaner, Produktmanager, Systems Engineers und Softwareentwickler unterschiedliche Aspekte des Systems hervorheben.

Der menschliche, kognitive Prozess des Erkennens und Lösens von Problemen wird mit Bezug zur Systemtheorie oft unter dem Begriff **Systemdenken** zusammengefasst [HWF+12, S. 33ff.], [Ber72]. HABERFELLNER ET AL. definieren Systemdenken folgendermaßen:

„Systemdenken wird [...] als Denkweise verstanden, die es ermöglicht, komplexe Erscheinungen (= Systeme) besser verstehen und gestalten zu können“ [HWF+12, S. 33].

Das Systemdenken ist zentraler Bestandteil der General Systems Theory und des Systems-Engineering-Konzepts [HWF+12, S. 33]. Systemdenken wird in diversen Fachdisziplinen angewendet, z. B. in der Managementlehre [Ves02]. Es erleichtert das Verständnis und den Umgang mit komplexen Sachverhalten. Ein wesentliches Prinzip dabei ist die Nutzung von Modellen, die durch Abstraktion und Vereinfachung des Originals komplexe Strukturen und Zusammenhänge veranschaulichen [HWF+12, S. 41]. Das Model-Based Systems Engineering greift diese Vorteile auf.

Fazit: Die Ausführungen dieser Arbeit basieren auf den Begriffsdefinitionen Systemtheorie nach BERTALANFFY, System nach ROPOHL und Systemdenken nach HABERFELLNER ET AL.

¹¹ Bei einer Black-Box-Betrachtung wird der innere Aufbau vernachlässigt und nur das äußere Verhalten betrachtet. Dabei stehen die Input-Output-Beziehungen im Vordergrund [HWF+12, S. 31].

2.1.7 Modelltheorie und Modelle

In dieser Arbeit wird ein modellgestützter Ansatz verfolgt. Aus diesem Grund werden nachfolgend die zentralen Merkmale von Modellen dargelegt.

Modelle sind in vielen Wissenschaftsdisziplinen von zentraler Bedeutung [ES10, S. 5]. Dennoch wurde die Bedeutung von Modellen erst in den 1960er-Jahren zum Zentrum des philosophischen Verständnisses der Wissenschaft. In der Literatur herrscht ein stark heterogenes Verständnis des Modellbegriffs vor [Sta73, S. 17]. In der allgemeinen **Modelltheorie** nach STACHOWIAK wird die Überwindung der heterogenen Interpretation des Modellbegriffs angestrebt. Der Modellbegriff wird dabei anwendungsunabhängig definiert, und zwar als Replikation eines Urbildes bzw. Originals [Sta73, S. 131]. Ein **Modell** besitzt drei wesentliche Merkmale:

- **Abbildungsmerkmal:** Modelle sind Abbildungen bzw. Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale, die selbst wieder Modelle sein können [Sta73, S. 131].
- **Verkürzungsmerkmal:** Modelle erfassen nicht alle Attribute des durch sie repräsentierten Originals, sondern nur solche, die dem jeweiligen Modellierer und/oder Modellnutzer relevant erscheinen [Sta73, S. 132].
- **Pragmatische Merkmale:** Das Merkmal bezieht sich auf die Anwendbarkeit und den Zweck der Modellbildung. Mit dem Merkmal werden die ersten beiden Merkmale relativiert. Modelle bilden nicht nur Attribute ab, sondern erfüllen immer einen spezifischen Zweck innerhalb eines Zeitintervalls [Sta73, S. 132f.].

Fazit: Für diese Arbeit wird die Definition in Anlehnung an STACHOWIAK übernommen: Ein Modell ist die Abbildung eines Originals. Es bildet für einen bestimmten Zweck in einem bestimmten Zeitraum die für einen Stakeholder relevanten Attribute eines Originals ab [Sta73, S. 131ff.].

2.1.8 Entscheidungstheorie, Entscheidung, Entscheidungsunterstützung und Unsicherheit

In der Produktfindung müssen gefundene Ideen häufig unter Unsicherheit ausgewählt werden. Zur Vorbereitung einer Entscheidung werden Methoden der Entscheidungsunterstützung eingesetzt. Nachfolgend werden die Begriffe Entscheidungstheorie, Entscheidung, Entscheidungsunterstützung und Unsicherheit definiert.

Die **Entscheidungstheorie** wird von einigen Autoren als empirische und logische Analyse rationalen Entscheidungsverhaltens definiert [BCK12]. Andere Autoren definieren sie als wissenschaftliche Disziplin, die Erkenntnisse über menschliches Entscheidungsverhalten zur Lösung von Problemen anbietet [OS13]. Grundsätzlich werden die deskriptive und die präskriptive Entscheidungstheorie unterschieden [LLW16, S. 759f.]. Die deskriptive Entscheidungstheorie beschreibt, wie Entscheidungen in der Realität getroffen werden. Die präskriptive Entscheidungstheorie beschreibt Regeln, wie Entscheidungen

hinsichtlich der gesetzten Ziele getroffen werden sollten [OS13]. Diese Arbeit fokussiert die präskriptive Entscheidungstheorie.

Nach MEZHER ET AL. ist eine **Entscheidung** ein Prozess mit dem Ziel, Alternativen zu generieren, zu evaluieren und eine Auswahl zu treffen [MAM98]. Unter dem Begriff Entscheidung wird häufig nicht nur das Resultat, sondern der Prozess der Entscheidungsfindung verstanden [LLW16, S. 761]. Eine Entscheidung entspricht einem Problemlösungsprozess, bei dem Vorentscheidungen die eigentliche Entscheidung vorbereiten. Die möglichen Lösungen des Problems werden als Handlungsalternativen bezeichnet. Die ausgewählte Handlungsalternative ist die tatsächliche Lösung [LL05].

Allgemein umfasst der Problemlösungsprozess drei Hauptphasen: Problem klären, Lösung suchen und Lösung auswählen [LLW16, S. 761]. Die **Entscheidungsunterstützung** der Entscheidungsfindung ist nicht darauf begrenzt, ein Problem zu lösen. Vielmehr soll sie die Entscheidungen so vorbereiten, dass sie bestmöglich getroffen werden können [Roy93]. Mit Methoden der Entscheidungsunterstützung können drei verschiedene Problemstellungen gelöst werden: Auswahlproblematik, Sortierproblematik und Rankingproblematik [Roy05].

Häufig müssen Entscheidungen in der Produktentstehung unter **Unsicherheit** getroffen werden. Unsicherheit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass Daten und Informationen über mögliche Produktausprägungen nicht oder nur unvollkommen vorliegen. Unsicherheit liegt dann vor, wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit möglicher Konsequenzen nicht vorhergesagt werden kann. Die Unsicherheit ist in der Regel in der Planungsphase am größten; trotzdem müssen in dieser Phase Entscheidungen getroffen werden (z. B. die Auswahl von Ideen). Mit zunehmendem Entwicklungsfortschritt sinkt in der Regel die Unsicherheit [LW14], [LLW16, S. 764f.]. Bild 2-4 zeigt den Verlauf der Unsicherheit in den Phasen der Produktentstehung.

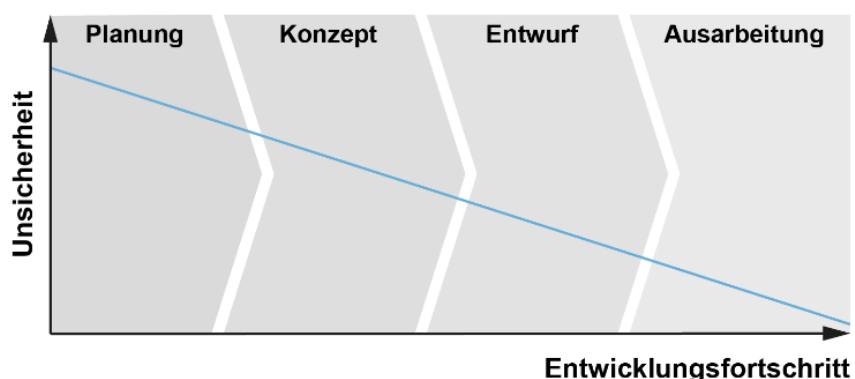


Bild 2-4: *Unsicherheit in der Produktentstehung nach GIACCHETTI ET AL. [GYR+97]*

Fazit: Diese Arbeit fokussiert die Produktfindung, die Teil der Planungsphase in der Produktentstehung ist. Aufgrund der hohen Unsicherheit in dieser Phase gilt es, die Entscheidungen durch Methoden der Entscheidungsunterstützung vorzubereiten. Dies gilt insbesondere für die Auswahl von Ideen in der Produktfindung.

2.1.9 Idee, Invention und Innovation

Der Begriff Innovation wird heutzutage inflationär gebraucht. Deshalb wird er nachfolgend definiert und von den Begriffen Invention und Idee abgegrenzt.

Eine **Idee** ist ein Lösungsansatz zur Behebung von unbefriedigenden Sachverhalten oder eines Problems [Min01, S. 71]. Nach KOTLER ET AL. ist eine Idee bzw. eine Produktidee ein denkbaren, aber noch nicht konkret ausgearbeitetes Produkt [KAW+11, S. 648ff.]. Eine Invention hat gegenüber einer Idee einen höheren Reifegrad [Bul94, S. 35]. BULLINGER charakterisiert **Invention** als auf ökonomische Ziele gerichtete technische Realisierung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse. Somit beschreibt eine Invention die Umsetzung einer Idee [Bul94, S. 35], [VB15, S. 21]. In der Literatur wird kontrovers diskutiert, ob eine Invention aus ökonomischer Motivation generiert wird oder nicht [Bul94, S. 35], [VB15, S. 21]. Eine Invention wird erst durch Erfolg am Markt zu einer Innovation [HS07, S. 8], [FG13, S. 95], [Ehr07, S. 347]. Obwohl der Begriff **Innovation** bereits 1915 erstmals im Rechtschreibbuden erschien, wurde er erst 1939 durch SCHUMPETER wissenschaftlich definiert [Sch39, S. 84].

“Innovation is possible without anything we should identify as invention and invention does not necessarily induce innovation, but produces of itself no economically relevant effect at all” [Sch39, S. 84].

SCHUMPETER umschreibt den Begriff Innovation als *Durchsetzung neuer Kombinationen* sowie *Andersmachen* [Sch61]. Er formulierte, was Innovation heute – von der AlltagsSprache abgesehen – meint: die Durchsetzung einer neuen Kombination eines Zwecks mit einem Mittel am Markt [Hau93, S. 1], eines Bedürfnisses oder Problems mit einer Problemlösung [Bir05, S. 17]. In der Literatur herrscht kein einheitliches Verständnis über Innovation. Der Begriff Innovation wurde in der Wissenschaft auf vielfache Weise definiert¹² [Sch61, S. 91], [HS07, S. 3ff.], [Sch12, S. 1ff.]. Die Charakterisierung nach SCHUMPETER hat bis heute eine hohe Relevanz [HS11, S. 9]. VAHS und BURMEISTER greifen das Verständnis auf und definieren Innovation als die *zielgerichtete Durchsetzung von neuen¹³ technischen, wirtschaftlichen, organisatorischen und sozialen Problemlösungen [...], die darauf gerichtet sind, die Unternehmensziele auf eine neuartige Weise zu erreichen* [VB05, S. 1f.]. In dieser Arbeit wird dieser Definition gefolgt.

Hinsichtlich der Typisierung von Innovation gibt es vielfältige Ansätze. Eine Typisierung nach dem Neuheitsgrad schlägt GERYBADZE vor. Er unterscheidet inkrementelle, strategische und radikale Innovation (siehe Bild 2-5) [Ger04, S. 69ff.]:

- **Inkrementelle Innovation:** Entspricht in ihrer Funktionalität vorhandenen Produkten, bietet jedoch verbesserte Leistungseigenschaften [Ger04].

¹² Eine Übersicht über verschiedene Definitionen liefert z. B. [HS11, S. 6ff.].

¹³ Neu wird in diesem Zusammenhang als neu für den jeweiligen Absatzmarkt verstanden.

- **Strategische Innovation:** Ist häufig eine neue Produktgeneration, die einen höheren Kundennutzen durch neue oder erheblich verbesserte Funktionen aufweist [Ger04].
- **Radikale Innovation:** Völlig neue Produkte für neue Märkte [Ger04].

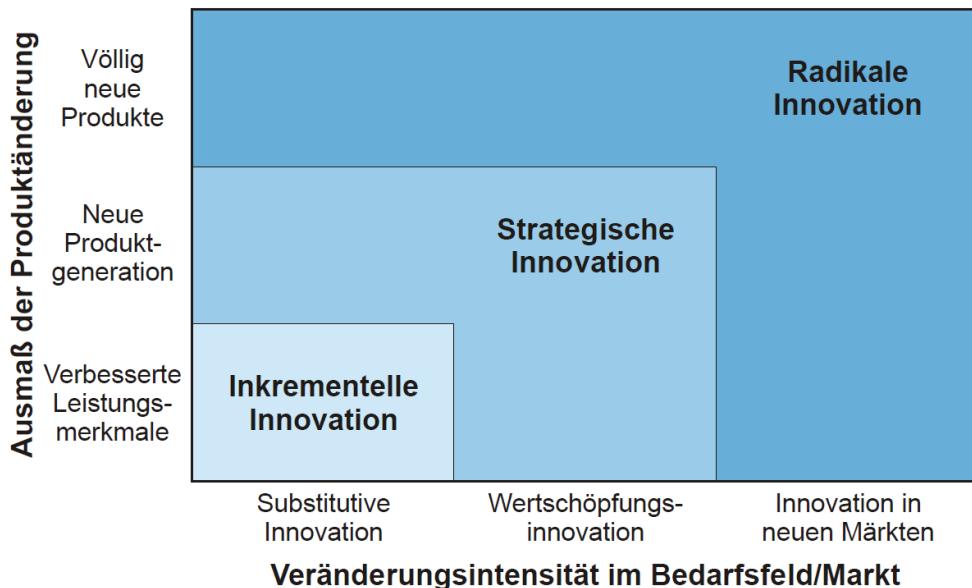


Bild 2-5: Innovationstypisierung nach GERYBADZE [Ger04, S. 78]

Fazit: Diese Arbeit fokussiert die Suche und Auswahl von Ideen für neue Produktgenerationen mit dem Ziel einer strategischen Innovation. Eine Idee wird als Lösungsansatz für ein Problem verstanden, deren Reifegrad gegenüber einer Invention geringer ist. Es wird dem Innovationsbegriff nach VAHS und BURMEISTER gefolgt.

2.2 Von Commoditisierung zur Produktdifferenzierung

Das deutsche produzierende Gewerbe positioniert sich im globalen Wettbewerb überwiegend als Qualitätsführer; dabei verfolgen die Unternehmen in der Regel eine Differenzierungsstrategie¹⁴. Die Differenzierung äußert sich insbesondere durch einen überlegenen Kundennutzen der angebotenen Produkte. Diese Unternehmen grenzen sich gegenüber anderen Unternehmen durch technische Überlegenheit und Qualität ihrer Produkte sowie produktbegleitenden Dienstleistungen ab [BBB+10], [VDMA14]. Die Position als Qualitätsführer ist in der Regel mit hohen Kosten verbunden. Bei den Kunden müssen daher hohe Preise durchgesetzt werden. Studien zufolge wird dies immer schwieriger [HSB09], [MV08], [Jen11, S. 123ff.]. Dies hat u. a. wettbewerbsseitige Ursachen. Der steigende Wettbewerbsdruck durch ausländische Unternehmen führt dazu, dass Kunden zunehmend die hohen Preise nicht mehr akzeptieren. Zwar sind die Produkte hiesiger Anbieter häufig qualitativ hochwertig, aber ausländische Anbieter erreichen zunehmend eine für

¹⁴ Unter einer Differenzierungsstrategie (engl. *differentiation*) versteht man die Strategie eines Unternehmens, sich im Auge des Kunden von anderen Wettbewerbern abzuheben [Por80].

den Kunden ausreichende Qualität. Zudem werden die Produkte immer mehr als *Commodities* wahrgenommen; dies ist die Folge einer Commoditisierung [HSB09]. Unter Commoditisierung wird der Trend verstanden, bei dem Produkte an Differenzierung verlieren und von Kunden als austauschbar wahrgenommen werden. Nach HOMBURG ET AL. hat dieser Trend auch das produzierende Gewerbe erfasst [HSB09]. Einen Ausweg aus der Commoditisierung bietet die Produktdifferenzierung durch einen einzigartigen Kundennutzen [HSB14, S. 29]. Das bedeutet, die Generierung eines überlegenen Kundennutzens ist für den langfristigen Unternehmenserfolg besonders wichtig [UE08, S. 221ff.], [AN99].

Vor diesem Hintergrund werden in den nächsten Abschnitten die Produktdifferenzierung und deren Konsequenzen für die Produktfindung diskutiert. Ausgehend vom Trend **Commoditisierung** von Produkten (vgl. Abschnitt 2.2.1) wird ein Ausweg über die Schaffung eines außergewöhnlichen **Produktnutzens** aufgezeigt (vgl. Abschnitt 2.2.2). Der Produktnutzen dient nicht nur der Produktdifferenzierung, sondern auch dem Erreichen einer hohen **Kundenzufriedenheit** (vgl. Abschnitt 2.2.3). Die Kundenzufriedenheit ist u. a. abhängig von den Produkteigenschaften und der Zeit. Anhand der Kundenzufriedenheit wird diskutiert, warum die Planung neuer Produktgenerationen notwendig ist. Abschließend werden Ansatzpunkte für **Produktdifferenzierung** aufgezeigt (vgl. Abschnitt 2.2.4).

2.2.1 Commoditisierung von Produkten

Commodities bedeuten ursprünglich *Güter* oder *Waren* [HSB09]. Nach heutiger Auffassung sind Commodities Produkte, deren Kern von der überwiegenden Mehrheit der Nachfrager als austauschbar wahrgenommen wird. Dabei umfasst der Produktkern alle Eigenschaften eines Produkts, die Basisanforderungen befriedigen [HSB09].

Die Commoditisierung kann als ein Prozess aufgefasst werden, in dem Produkte und Dienstleistungen mit ursprünglich hohem Differenzierungsgrad in der Wahrnehmung der Kunden an eigenständigen, differenzierenden Eigenschaften verlieren. Die Produkte werden somit zunehmend als austauschbar wahrgenommen, unabhängig von objektiv vorhandenen differenzierenden Leistungseigenschaften [Mat84], [DS85, S. 26ff.], [AN04]. Mit der Commoditisierung geht der Verlust von Wettbewerbsvorteilen einher und die Gefahr eines Preiswettbewerbs steigt [EGL14, S. 4f.]. Damit gefährdet die sinkende Differenzierung den ökonomischen Markterfolg von Unternehmen, insbesondere durch eine höhere Preissensibilität, geringere wahrgenommene Wechselkosten und eine nachlassende Loyalität der Kunden [RST10], [SO13], [EGL14, S. 9].

Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die die Commoditisierung von Produkten und Dienstleistungen auslösen und verstärken [HSB09]. Dabei werden vier Determinanten von Commoditisierungstreibern unterschieden: leistungsbezogene, kundenbezogene, unternehmensbezogene und marktbezogene Determinanten [EGL14, S. 10]. Bild 2-6 zeigt diese im Überblick:



Bild 2-6: Determinanten der Commoditisierung (angelehnt an [EGL14, S. 11])

Produktbezogene Determinanten

Aus Produktsicht bestimmen vor allem das Alter eines Produkts, Produktunsicherheit und Produktkomplexität den Grad der Commoditisierung. Die produktbezogenen Determinanten werden nachfolgend beschrieben:

- Mit zunehmendem **Alter** eines am Markt angebotenen Produkts nähern sich konkurrierende Produkte in ihrem Qualitätsniveau einander an [LD81]. Gleichzeitig nimmt der Grad der Commoditisierung von Produkten zu [EGL14].
- Die **Produktunsicherheit** kennzeichnet das Ausmaß, in dem Qualitätsschwankungen möglicherweise negative Konsequenzen für die Kunden haben [BG75]. Bei hoher Leistungsunsicherheit besteht somit ein hohes Differenzierungspotential über das Kriterium der Zuverlässigkeit [HSB09]. Je geringer die Unsicherheit eines Produkts, desto höher ist der Grad der Commoditisierung eines Produkts [EGL14].
- Die **Produktkomplexität** beschreibt die Zahl der in einem Produkt involvierten Komponenten bzw. Technologien und die Abhängigkeit zwischen diesen Komponenten bzw. Technologien [HW98]. Eine hohe Komplexität induziert häufig eine hohe Unsicherheit bezüglich der Funktionalität, Qualität oder Lebensdauer eines Produkts. Je geringer die Komplexität eines Produkts, desto höher ist der Grad der Commoditisierung dieses Produkts [EGL14].

Kundenbezogene Determinanten

Aus Kundensicht beeinflussen das Kundeninvolvement, die individuelle Produkterfahrung und eine Anspruchsinflation die Commoditisierung. Die kundenbezogenen Determinanten werden nachfolgend erläutert:

- Das **Involvement** beschreibt den Grad des Interesses, das potentielle Kunden einem Produkt entgegenbringen [HM10]. Je schwächer das Involvement von potentiellen Kunden ist, desto höher ist der Grad der Commoditisierung von Produkten [EGL14].
- Mit steigender Zahl von Käufen erweitern Kunden die **Erfahrung mit einem Produkt** und nutzen im Vergleich zu weniger erfahrenen Kunden andere Referenzmerkmale.

male, um konkurrierende Produkte miteinander zu vergleichen [Söd02]. Je mehr Erfahrungen Kunden mit einem Produkt sammeln, desto stärker ist ein Produkt einer Commoditisierung ausgesetzt [EGL14].

- Eine Konsequenz einer zunehmenden Kundenerfahrung ist eine **Anspruchs inflation** hinsichtlich der Erwartungen an den Nutzen eines Produkts [HSB09]. Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Anstieg von Kundenansprüchen an ein Produkt und der Commoditisierung eines Produkts [EGL14].

Unternehmensbezogene Determinanten

Aus Unternehmenssicht sind Standardisierungsbestrebungen und die Imitation von Wettbewerbern relevante Determinanten einer Commoditisierung. Die unternehmensbezogenen Determinanten werden nachfolgend beschrieben:

- Eine **Standardisierung** von Produkten, Produktbestandteilen und Prozessen zielt auf das Erreichen von Kostenvorteilen ab [BC00]. Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen einer hohen Produktstandardisierung und einer Commoditisierung von Produkten [EGL14].
- Die **Imitation des Wettbewerbs** beeinflusst den Grad der Commoditisierung von Produkten [Hax05]. Je stärker Wettbewerber Produkte imitieren, desto höher ist der Grad der Commoditisierung von Produkten [EGL14].

Marktbezogene Determinanten

Marktcharakteristika wie der Grad der Regulierung, die Wettbewerbsintensität und die Marktturbulenz beeinflussen die Commoditisierung von Produkten. Nachfolgend werden die marktbezogenen Determinanten beschrieben:

- In Märkten mit hohem **Regulierungsgrad** werden Vorgaben, Normen und Standards angewendet, die eine Vereinheitlichung von Produkten herbeiführen. Je höher der Regulierungsgrad, desto höher ist der Grad der Commoditisierung von Produkten [EGL14].
- Märkte mit **geringer Wettbewerbsintensität** sind in der Regel einer Commoditisierung ausgesetzt. In diesen Märkten bestehen für etablierte Unternehmen vergleichsweise geringe Anreize, Wettbewerber durch innovative Produkte herauszufordern [HSB09]. Je geringer die Wettbewerbsintensität in einem Markt ist, desto höher ist der Grad der Commoditisierung von Produkten [EGL14].
- Die **Marktturbulenz** beschreibt einen häufigen und rapiden Wechsel des für Unternehmen relevanten Wissens bzw. der relevanten Technologien [Gla91]. Durch einen sprunghaften Wechsel gültiger Standards oder Technologien verwischen in der Wahrnehmung von potentiellen Kunden Unterscheidungsmerkmale zwischen konkurrierenden Produkten. Je höher der Grad der Marktturbulenz ist, desto höher ist der Grad der Commoditisierung von Produkten [EGL14].

Fazit: Die Produkte von Unternehmen des produzierenden Gewerbes sind zunehmend von Commoditisierung bedroht. Diese wird durch Commoditisierungs-Treiber ausgelöst und verstärkt. Es gilt, der Commoditisierung von Produkten durch geeignete Maßnahmen in der Produktfindung entgegenzuwirken.

2.2.2 Kundennutzen als Ansatz zur Produktdifferenzierung

Einen Ausweg aus der zunehmenden Commoditisierung bietet die Produktdifferenzierung. Ziel einer Produktdifferenzierungsstrategie ist es, Produkte zu entwickeln, die im Wettbewerbsvergleich als überlegen oder gar einzigartig wahrgenommen werden [HSB09]. Produktdifferenzierung ist jedoch nur dann erfolgversprechend, wenn Kunden einen steigenden Kundennutzen wahrnehmen und deshalb auch bereit sind, dafür zu bezahlen [Por80], [HSB09]. In der Literatur wird der Begriff Kundennutzen (engl. Customer Value) nicht einheitlich verstanden [Hei16, S. 20ff.]. Grundsätzlich werden zwei Perspektiven des Begriffs unterschieden, die anbieterseitige und die kundenseitige Perspektive:

Der **Kundennutzen aus Anbieterperspektive** beschreibt den ökonomischen Wert eines Kunden für ein Unternehmen [Kra07]. Im Vordergrund stehen die Profitabilität der Geschäftsbeziehung und somit die Erlöse, die ein anbietendes Unternehmen mit einem Kunden erwirtschaften kann [WRG01], [Hei16, S. 19].

Der **Kundennutzen aus Kundenperspektive** ist der vom Kunden wahrgenommene Nutzen einer Marktleistung. Im Fokus der Kundenperspektive stehen die individuelle Wahrnehmung materieller und immaterieller Benefits durch den Kunden sowie deren ökonomische Bewertung [KB06]. Der Kunde bestimmt den Nutzen einer Marktleistung in einem Prozess aus Trade-off-Entscheidungen. Hierbei bestimmen und bewerten Kunden den Nutzen mittels ihrer subjektiven Wahrnehmung [FWG97, S. 126ff.]. Die zentralen Größen des Trade-offs sind Qualität bzw. Leistung versus Preise bzw. Kosten [AHM+08, S. 473ff.]; sie werden auch als Benefits und Sacrifices bezeichnet [Bac06], [UC01], [WRG01]. Das Bild 2-7 zeigt Benefits und Sacrifices als Bestandteile des Kundennutzens [Hei16, S. 39]:



Bild 2-7: Bestandteile des Kundennutzens (angelehnt an [Hei16, S. 39])

- **Benefits** sind Faktoren, die dem Kunden nutzen. In der Literatur wird der Begriff oft mit anderen Begriffen umschrieben, bspw. mit *utility*, *advantage* oder *features* [Woo97]. Benefits sind Vorteils- bzw. Alleinstellungsmerkmale von Produkten [BV14]. Diese resultieren nach MONROE aus der Kombination von Produkt-, Dienstleistungs- und Supporteigenschaften von Produkten. Benefits sind Eigenschaften von Produkten oder Dienstleistungen, die zuvor identifizierte Bedürfnisse erfüllen und

Probleme lösen [Mon03]. Der Begriff Benefits wird stark mit Aspekten der Differenzierung assoziiert [Dol03], [SN05].

- **Sacrifices** umschreiben Faktoren, die ein Kunde aufgibt, damit dieser einen angebotenen Benefit erhält. Sacrifices werden häufig mit Preisen bzw. Kosten gleichgesetzt [BV14, S. 13ff.], [KP00, S. 12].

Zur Quantifizierung des Nutzens kann dieser als das Ergebnis aus der Division oder Subtraktion von Benefits und Sacrifices berechnet werden [Hei16, S. 19]. Voraussetzung ist die vorherige monetäre Bewertung dieser Faktoren. Dies ist bei Benefits in der Regel nicht trivial (z. B. monetäre Bewertung der Marke). Bei der Bewertung des Kundennutzens wird häufig zusätzlich ein Wettbewerbsbezug hergestellt, in dem der Kundennutzen von vergleichbaren Wettbewerbsprodukten berechnet und in Bezug gesetzt wird [AMC+07], [SN05], [KP00]. Die Berücksichtigung des Wettbewerbs ist wichtig, um einen Wettbewerbsvorteil durch einen überlegenen Kundennutzen zu identifizieren und darzustellen. Denn gelingt es einem Unternehmen, ein Produkt mit einem höheren Nutzen als das Wettbewerbsprodukt anzubieten, dann hat das Unternehmen einen Nutzenvorteil im Vergleich zum Wettbewerb [UC01], [Hei16, S. 19]. Es ist zu beachten, dass auf Industriegütermärkten (z. B. Maschinenbau) der Kundennutzen in der Regel ein abgeleiteter Nutzen ist. Dieser ergibt sich aus der Verbesserung der Position des nachfragenden Unternehmens gegenüber dessen Kunden [BV14, S. 16].

Fazit: In der Produktfindung werden Ideen bewertet und ausgewählt. Bei der Bewertung sind sowohl Benefits als auch Sacrifices zu berücksichtigen. In dieser Arbeit werden die Begriffe Kundennutzen und Benefits synonym verwendet. Sacrifices gilt es, durch geeignete Bewertungskriterien zu berücksichtigen, bspw. durch ein Kriterium Kosten.

2.2.3 Kundenzufriedenheit durch Produkteigenschaften

Ein vorhandener Kundennutzen ist die Voraussetzung für Kundenzufriedenheit [Coo01], [HM08], [SSA+08] und diese wiederum ist einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren für einen langfristigen Geschäftserfolg [SH97, S. 19]. Zufriedene Kunden sind in der Regel gegenüber neuen Angeboten von Anbietern aufgeschlossener. Die Kundenzufriedenheit ist daher ein wichtiger Indikator, ob Kunden weiterhin bereit sind, Produkte zu erwerben [Ebe12]. Der Begriff Zufriedenheit geht auf das lateinische Verb *satisfacere* zurück, was auf Deutsch *zufriedenstellen* bedeutet. Es besteht kein einheitliches Verständnis bzw. eine allgemein anerkannte Theorie der Kundenzufriedenheit [Hol98, S. 38f.], [Sta99, S. 6]. Ein in der Forschung und Praxis häufig diskutiertes Modell¹⁵ ist das Kano-Modell [KST+84,

¹⁵ In der Literatur bestehen verschiedene Modelle zur Kundenzufriedenheit. Neben dem Kano-Modell ist das Confirmation/Disconfirmation(CD)-Modell weit verbreitet. Das C/D-Modell betrachtet Kundenzufriedenheit als Resultat eines Soll-Ist-Vergleiches – also als Differenz von Kundenerwartung und Bedürfnisbefriedigung. Eine Übersicht über Kundenzufriedenheitsmodelle bieten z. B. [Hom16], [Hei16, S. 39], [KK97].

S. 147ff.], [HF13, S. 170]. Es stellt den Zusammenhang zwischen der Erwartungserfüllung und den Verläufen der Zufriedenheitsfaktoren grafisch dar [HS06, S. 33]. Dabei basiert das Kano-Modell auf der Annahme einer Dreifaktorenstruktur der Kundenzufriedenheit. Demzufolge übt der Erfüllungsgrad von Kundenanforderungen durch Produkteigenschaften je nach Wichtigkeit des Produkt- oder Serviceeigenschaften unterschiedliche Effekte auf die Kundenzufriedenheit aus [Mat00, S. 341]. Dabei werden – je nach Art des Zusammenhangs zwischen dem Erfüllungsgrad eines Attributs und der Zufriedenheit des Kunden mit diesem Attribut bzw. Qualitätsattribut – Basis-, Leistungs- und Begeisterungsattribute unterschieden (siehe Bild 2-8) [KST+84, S. 170], [Kan01, S. 4f.]:

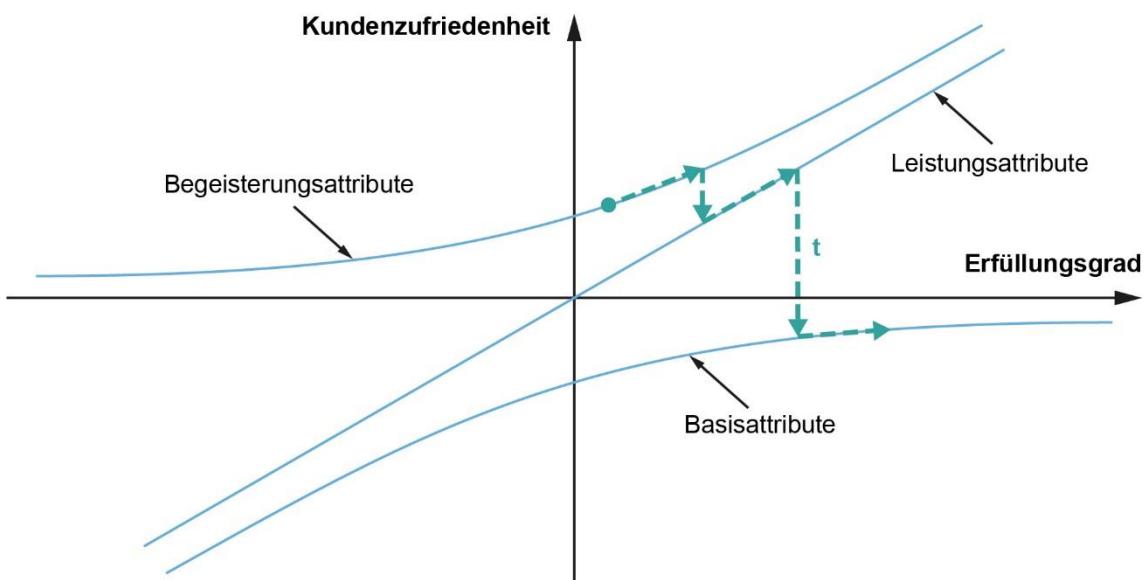


Bild 2-8: KANO-Modell nach BAILOM (angelehnt an [BHM+96], [KST+84, S. 14ff.])

Basisattribute sind im Kano-Modell Attribute, deren Nicht-Erfüllung bei Kunden zu großer Unzufriedenheit führt, die bei einem hohen Erfüllungsgrad jedoch keine Zufriedenheit bedingen [Kon00, S. 648]. Bei **Leistungsattributen** hingegen besteht ein proportionaler Zusammenhang zwischen dem Erfüllungsgrad und der Zufriedenheit. Sie können demnach sowohl zur Entstehung von Zufriedenheit als auch von Unzufriedenheit beitragen. **Begeisterungsattribute** sind Attribute, die Kundenzufriedenheit auslösen, aus deren Nicht-Erfüllung jedoch keine Unzufriedenheit resultiert. Sie werden von Kunden weder artikuliert noch explizit erwartet, sondern befriedigen latente Bedürfnisse, was zu überproportionaler Kundenzufriedenheit führt [Höl08, S. 82]. Diese Attribute tragen in einem erheblichen Maß zur Kundenzufriedenheit bei [Lin17, S. 639]. Damit eignen sie sich in der Regel zur Differenzierung gegenüber Wettbewerbsprodukten [FG13, S. 336].

Alle Attribute bzw. Produkteigenschaften degradieren über die Zeit; so werden Begeisterungsattribute erst zu Leistungs- und dann zu Basisattributen [BHM+96, S. 117ff.], [Lin17, S. 639f.]. Am Markt befindliche Produkte büßen folglich an Begeisterungsattributen ein, da diese zu Leistungsattributen degradieren. Leistungsattribute sind nur eingeschränkt zur Produktdifferenzierung geeignet, da ähnliche Attribute in der Regel auch von Wettbewerbern angeboten werden. Produkte bzw. Produktgenerationen benötigen

daher regelmäßig neue Begeisterungsattribute [BHM+96, S. 117ff.]. Lediglich eine Anpassung der Leistungsattribute von Produkten an die veränderten Randbedingungen des Marktes genügt folglich zur Produktdifferenzierung nicht.

Fazit: Zur Produktdifferenzierung über Produkteigenschaften sind wiederkehrend insbesondere Begeisterungseigenschaften zu finden und auszuwählen. Die zu entwickelnde Systematik soll die Suche und Auswahl geeigneter Produkteigenschaften unterstützen.

2.2.4 Differenzierung über Produktkomponenten

Aus der Perspektive des Kunden ist ein Produkt ein Mittel zur Bedürfnisbefriedigung und somit zur Nutzenschaffung [Hom17]. Ein Produkt wird in diesem Kontext als ein Bündel von Eigenschaften verstanden, das auf die Schaffung von Kundennutzen abzielt (vgl. Abschnitt 2.1.2). Es gibt verschiedene Ansatzpunkte zur Differenzierung von Produkten über den Kundennutzen. Die Ansatzpunkte werden am Komponenten-Modell von Produkten nach Homburg aufgezeigt [Hom17]. Das Produkt-Modell orientiert sich am *Augmented Product Concept* von LEVI [Lev80, S. 83ff.]. Es werden verschiedene Komponenten von Produkten unterschieden, die nicht mit technischen Komponenten verwechselt werden dürfen. Die Komponenten eines Produkts bieten einen Ansatzpunkt zur Nutzenstiftung sowie Produktdifferenzierung. Generell werden folgende Produkt-Komponenten unterschieden: Kerneigenschaften, Zusatzeigenschaften, Verpackung/tangibles Umfeld, Basisdienstleistungen, Zusatzdienstleistungen und Marke. Die Komponenten klassifizieren die Sach- und Dienstleistungsanteile von Produkten weiter nach ihren Eigenschaften aus Kundensicht (siehe Bild 2-9) [HSB09], [Hom17]:

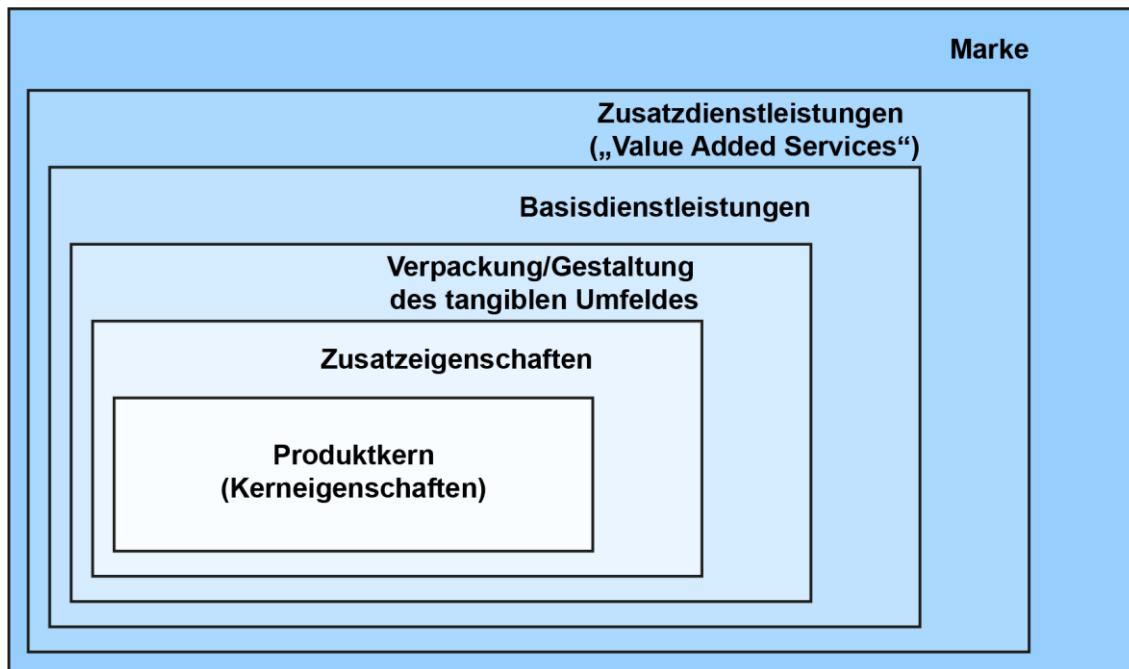


Bild 2-9: Komponenten von Produkten nach HOMBURG [Hom17, S. 558]

Der **Produktkern** der Sachleistung setzt sich aus **Kerneigenschaften** zusammen, die maßgeblich die Funktionalität des Produkts festlegen. Dabei umfasst der Produktkern alle Eigenschaften, die zwingend notwendig sind, um die Basisanforderungen von Kunden an ein Produkt zu erfüllen [HSB09, S. 2]. Beispielsweise kann bei Werkzeugmaschinen eine einstellbare Vorschubgeschwindigkeit als Kerneigenschaft verstanden werden. **Zusatzeigenschaften** der Sachleistung schaffen einen Nutzen, der nicht in der Kernfunktion des Produkts begründet liegt. Im Falle der Werkzeugmaschine wäre ein zusätzlicher Touchscreen¹⁶ zur einfachen Bedienung ein Beispiel für eine Zusatzeigenschaft. Für Kunden stellt dabei nicht jede zusätzliche Produkteigenschaft einen weiteren Produktnutzen dar. Die Anreicherung von Produkten mit Zusatzeigenschaften, die keinen Nutzen stiften, kann den Produktnutzen auch senken (vgl. Abschnitt 2.2.2) [HSB09, S. 25]. Eine weitere Komponente des Produkts ist die **Verpackung** bzw. die Gestaltung des **tangiblen Umfelds**. Verpackungen können verschiedene Funktionen übernehmen (z. B. Schutz des Produkts, leichte Handhabbarkeit und Sicherstellung des Produkttransports). Das tangible Umfeld beschreibt die Gestaltung der Umgebung, in der eine Dienstleistung vollbracht wird (z. B. Sauberkeit). Als **Basisdienstleistungen** werden Dienstleistungen bezeichnet, deren Erbringung der Kunde voraussetzt. Eine typische Basisdienstleistung ist bspw. die Lieferung einer bestellten Werkzeugmaschine. Im Gegensatz hierzu sind **Zusatzdienstleistungen**, auch **Value-Added Services**¹⁷ genannt, Dienstleistungen, die keine Kaufvoraussetzung für Kunden sind, diesen aber zusätzlichen Nutzen bieten [Hom17, S. 167f.]. Sie befriedigen die Bedürfnisse des Kunden umfassender als das Kernprodukt, wie z. B. die vorausschauende Instandhaltung¹⁸ als Kombination aus Value-Added Service und Zusatzeigenschaften. Die letzte Produktkomponente ist die **Marke** [Hom17, S. 168].

Fazit: In der Regel sollen Kerneigenschaften bestehender Produkte in neuen Produktgenerationen erhalten bleiben. Folglich sind zur Differenzierung von Produktgenerationen insbesondere Zusatzeigenschaften und Zusatzdienstleistungen geeignet. Die Suche und Auswahl von Ideen für Zusatzeigenschaften, sog. Zusatzeigenschaftsideen, werden in dieser Arbeit fokussiert.

2.2.5 Fazit und Einordnung in diese Arbeit

Unternehmen des produzierenden Gewerbes fällt es zunehmend schwerer, gegenüber dem Wettbewerb differenzierte Produkte anzubieten. Die Folge ist eine zunehmende

¹⁶ Ein Touchscreen ist ein berührungsempfindlicher Bildschirm, der als Ein- und Ausgabegerät dient.

¹⁷ Value-Added Services sind Dienstleistungen, die für den Kunden einen nachvollziehbaren und akzeptierten Nutzenvorteil bieten, der über die originären Eigenschaften hinausgeht, um bei homogenen Konkurrenzangeboten einen Wettbewerbsvorteil zu erreichen [Kir17].

¹⁸ Vorausschauende Instandhaltung, häufig auch engl. Predictive Maintenance genannt, hat das Ziel, bereits potentielle (verdeckte) Störungen zu erkennen und deren Weiterentwicklung gezielt zu verhindern [Sch10].

Commoditisierung der Produkte (vgl. Abschnitt 2.2.1). Einen Ausweg bietet die Produktdifferenzierung über den Kundennutzen bzw. Kundennutzenvorteile. Für die Produktfindung bedeutet dies, dass Ideen gefunden werden müssen, die Probleme von Kunden lösen sowie Bedürfnisse befriedigen und dadurch einen außergewöhnlichen Kundennutzen schaffen (vgl. Abschnitt 2.2.2). Problematisch ist, dass der wahrgenommene Kundennutzen und die Begeisterung über die Zeit degradieren. Die Folge ist, dass immer wieder neue Ideen gefunden und ausgewählt werden müssen (vgl. Abschnitt 2.2.3).

Der Kundennutzen von Produkten kann durch verschiedene Ansatzpunkte beeinflusst werden: Kerneigenschaften, Zusatzeigenschaften, Verpackung/tangibles Umfeld, Basisdienstleistungen, Zusatzdienstleistungen und Marke (vgl. Abschnitt 2.2.4). Die Suche und Auswahl von Ideen für Zusatzeigenschaften und Value-Added Services erscheint für die Produktdifferenzierung durch Kundennutzenvorteile besonders vielversprechend [Hom17, S. 558], [PS96], [BMB13, S. 6], [VDMA14, S. 40ff.]. Es müssen also Zusatzeigenschaftsideen gefunden werden, die Begeisterung hervorrufen und einen außergewöhnlichen Produktnutzen schaffen.

Im Rahmen dieser Arbeit werden Dienstleistungsanteile von bestehenden Produkten mit betrachtet, um den Dienstleistungsanteil in neuen Produktgenerationen zu verändern. Dabei werden zwei Ziele verfolgt: 1) die Reduzierung des Dienstleistungsanteils durch Zusatzeigenschaften (z. B. durch Automatisierung) und 2) die Integration von Zusatzeigenschaften (z. B. integrierte Datenanalyse) als Basis für neue Value-Added Services (z. B. vorausschauende Instandhaltung).

Erhebliches Potential zur Produktdifferenzierung über den Kundennutzen von Zusatzeigenschaften bietet der Wandel technischer Systeme. Dieser ermöglicht die Entwicklung gänzlich neuer Zusatzeigenschaften und Value-Added Services. Aus diesem Grund wird im nächsten Abschnitt der Wandel technischer Systeme diskutiert.

2.3 Von mechatronischen zu intelligenten technischen Systemen

Mit der rasanten Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologie nimmt auch der Anteil an Elektronik und Software in technischen Systemen immer mehr zu. Mechatronische Systeme wandeln sich hin zu sog. intelligenten technischen Systemen (ITS). Der Wandel technischer Systeme wird auch mit Begriffen wie Selbstoptimierung [GRS14], Cyber-Physical Systems (CPS) [GB12] und Internet of Things and Services [Aca14] beschrieben.

Vor diesem Hintergrund wird in den nächsten Abschnitten der Wandel technischer Systeme und seiner Konsequenzen für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen diskutiert. Ausgehend von der **Grundstruktur mechatronischer Systeme** (vgl. Abschnitt 2.3.1) werden **intelligente technische Systeme** und die damit verbundenen Potentiale zur Produktdifferenzierung beschrieben (vgl. Abschnitt 2.3.2).

2.3.1 Mechatronische Systeme

Der Begriff Mechatronik ist ein Kunstwort aus Mechanik und Elektronik [VDI2206, S. 3] und adressiert das synergetische Zusammenwirken von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik. Der Begriff wurde in seiner heutigen Definition von HARA SHIMA, TOMIZUKA und FUKUDA geprägt und in der VDI-RICHTLINIE 2206 „Entwicklungsmeethodik für mechatronische Systeme“ aufgenommen.

“[Mechatronics is] ... the synergetic integration of mechanical engineering with electronic and intelligent computer control in the design and manufacturing of industrial products and process” [HTF96, S. 1].¹⁹

Mechatronische Systeme bestehen aus einem Grundsystem, Sensorik, Aktorik und einer Informationsverarbeitung. Darüber hinaus verfügen sie über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS²⁰) für die Interaktion mit dem Menschen und über ein Kommunikationssystem für den Informationsaustausch mit weiteren Systemen. Ein System ist immer in ein Umfeld eingebettet, das Einfluss auf das System hat [VDI2206, S. 14ff.]. Bild 2-10 zeigt die **Grundstruktur** bzw. Referenzarchitektur eines mechatronischen Systems, die den Aufbau und die Wirkungsweise darstellt:

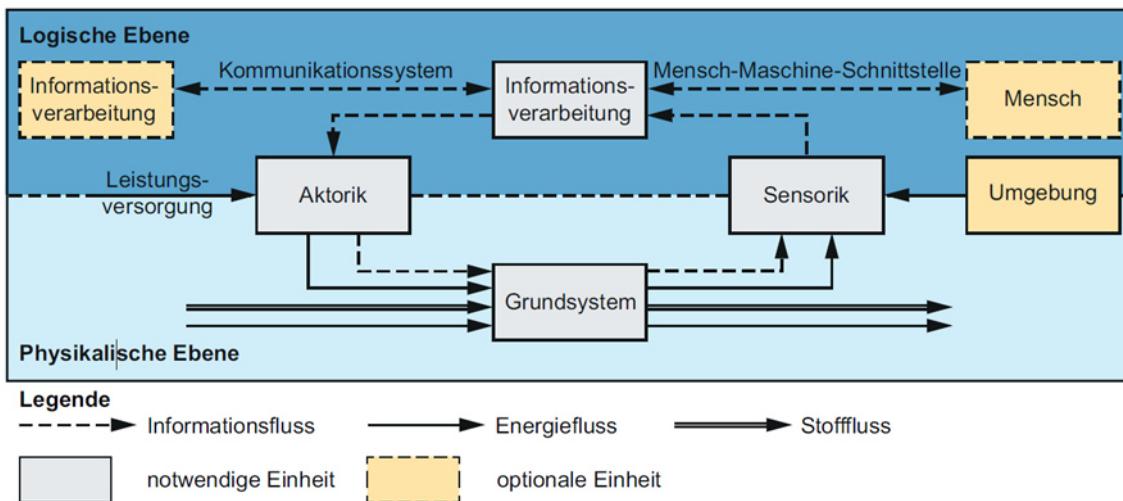


Bild 2-10: Grundstruktur eines mechatronischen Systems nach [VDI2206, S. 14]

Grundsystem: Das Grundsystem ist eine mechanische, elektromechanische, hydraulische oder pneumatische Struktur bzw. eine Kombination daraus. Als physikalisches System ist es das wesentliche Element der physikalischen Ebene [VDI2206, S. 14].

¹⁹ Deutsche Übersetzung nach [VDI2206, S. 14]: „Mechatronik bezeichnet das synergetische Zusammenwirken der Fachdisziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik beim Entwurf und der Herstellung industrieller Erzeugnisse sowie bei der Prozessgestaltung.“

²⁰ Mensch-Maschine-Schnittstelle wird häufig auch engl. Human-Machine Interface (HMI) genannt.

Sensorik: In einem mechatronischen System erfassen die Sensoren ausgewählte Zustandsgrößen des Grundsystems und äußere Einflüsse der Umgebung. Die Messwerte sind die Eingangsgröße für die Informationsverarbeitung [VDI2206, S. 14].

Informationsverarbeitung: Zentrales Element der logischen Ebene ist die Informationsverarbeitung. Sie ermittelt die notwendigen Einwirkungen zur gewünschten Beeinflussung der Zustandsgrößen des Grundsystems [VDI2206, S. 15].

Aktorik: Der Aktor (bzw. Aktuator) hat die Aufgabe, durch eine gewünschte Aktion unmittelbar Einfluss auf die Zustandsgrößen am Grundsystem zu nehmen [VDI2206, S. 15].

Die beschriebenen Elemente mechatronischer Systeme sind über Flüsse miteinander verbunden. In Anlehnung an FELDHUSEN und GROTE werden folgende Flüsse unterschieden [FG13, S. 241]:

- **Stoffflüsse** beschreiben den Transport von Fluiden und Festkörpern (z. B. Wasser).
- **Energieflüsse** bilden die Übertragung von mechanischer, thermischer, elektrischer, chemischer oder optischer Energie ab (z. B. Wärme).
- **Informationsflüsse** umfassen Informationen wie Messgrößen, Stellgrößen oder anderen Daten, die zwischen den Elementen mechatronischer Systeme ausgetauscht werden.

Mechatronische Systeme lassen sich nach GAUSEMEIER ET AL. in drei Klassen unterteilen [GAC+13], [GTS14, S. 26ff.]. Die **erste Klasse** adressiert die **räumliche Integration von Mechanik und Elektronik** auf kleinem Bauraum in Systemen. Die Erfolgspotentiale liegen dabei in der Miniaturisierung und Funktionsintegration. Die Hauptaufgabe ist die Aufbau- und Verbindungstechnik [GTS14, S. 26]. Die **zweite Klasse** umfasst **Mehrkörpersysteme mit kontrolliertem Bewegungsverhalten**. Durch Sensor-Aktor-Verknüpfungen und eine Informationsverarbeitung können Systeme dieser Klasse selbstständig auf Veränderungen in ihrer Umgebung reagieren. Die zentrale Aufgabe ist hier die ganzheitliche Optimierung des Systemverhaltens durch Regelung und Automatisierung [Gau10, S. 17]. Aus der sich abzeichnenden Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik ergibt sich eine Perspektive für eine **dritte Klasse** mechatronischer Systeme, die bekannte Standards weit übertrifft: **intelligente technische Systeme** [GTS14, S. 26ff.]. Im Fokus dieser Systeme steht die Art der Informationsverarbeitung, die das Systemverhalten flexibel auf sich verändernde Umgebungsbedingungen anpasst [Dum10, S. 19], [GAC+13, S. 14]. Systeme dieser Klasse weisen eine hohe Komplexität und Interdisziplinarität auf. Zur Entwicklung dieser Systeme bietet sich Systems Engineering als durchgängige, domänenübergreifende Disziplin²¹ an [GDS+13, S. 20].

²¹ Im Rahmen dieser Arbeit werden die Begriffe Fachdisziplin und Domäne synonym verwendet.

Fazit: Aufgrund des sich abzeichnenden Trends hin zu intelligenten technischen Systemen liegt der Fokus der zu entwickelnden Systematik auf Systemen der zweiten und dritten Klasse. Im folgenden Abschnitt werden intelligente technische Systeme diskutiert.

2.3.2 Intelligente technische Systeme

Intelligentes technische Systeme weisen vier zentrale Eigenschaften auf: Sie sind adaptiv, robust, vorausschauend und benutzungsfreundlich [GTD13, S. 49]. Die Eigenschaften werden nachfolgend erläutert.

- **Adaptiv:** Systeme interagieren mit dem Umfeld und passen sich diesem autonom an. Dies erfolgt in einem vom Entwickler vorgesehenen Rahmen.
- **Robust:** Systeme bewältigen in einem dynamischen Umfeld unerwartete und vom Entwickler nicht berücksichtigte Situationen. So können Unsicherheiten oder fehlende Informationen bis zu einem gewissen Grad ausgeglichen werden.
- **Vorausschauend:** Auf Basis von Erfahrungswissen antizipieren Systeme die künftigen Wirkungen von Einflüssen; Gefahren werden frühzeitig erkannt und die passenden Strategien zu ihrer Bewältigung rechtzeitig ausgewählt.
- **Benutzungsfreundlich:** Systeme passen sich dem Benutzungsverhalten an und stehen in Interaktion mit dem Benutzer. Dabei bleibt ihr Verhalten für den Benutzer stets nachvollziehbar.

Intelligentes technische Systeme unterscheiden sich in der Art der Informationsverarbeitung von anderen mechatronischen Systemen. So besitzen konventionelle mechatronische Systeme eine starre Kopplung zwischen Sensorik und Aktorik mit reaktivem Verhalten. Diese starre Kopplung wird in intelligenten technischen Systemen durch Kognition²² aufgebrochen; dies ermöglicht neue Funktionen, die bislang nur von biologischen Systemen bekannt waren. Die Integration kognitiver Funktionen²³ ermöglicht eine flexible Anpassung des Verhaltens eines Systems an seine Umgebung und an die Wünsche der Anwender (siehe Bild 2-11) [Dum10, S. 19], [GAC+13, S. 15]. Ursprünglich stammen diese Überlegungen aus der Kognitionswissenschaft.

²² Psychologie und Kognitionswissenschaft definieren Kognition als diejenige Fähigkeit, die es Menschen ermöglicht, sich intelligent und flexibel zu verhalten. Nach STRUBE interveniert Kognition zwischen Reizaufnahme und Verhalten [Str96].

²³ STRUBE versteht unter kognitiven Funktionen u. a. das Wahrnehmen und Erkennen, das Encodieren, Speichern und Erinnern, das Denken und Problemlösen, die motorische Steuerung sowie den Gebrauch der Sprache [Str96, S. 303].

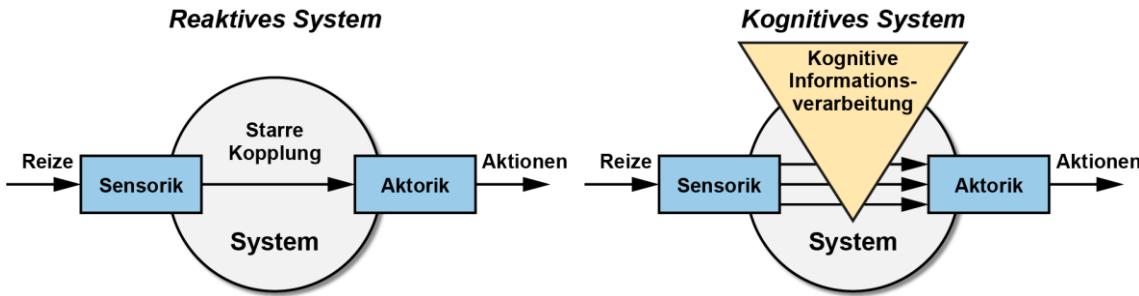


Bild 2-11: Gegenüberstellung eines reaktiven Systems (links) und eines kognitiven Systems (rechts) (angelehnt an [Str96, S. 6])

Nach STRUBE haben kognitive Systeme folgende charakteristische Merkmale [GRS03, S. 19]:

- Aktive Einbindung in die Umgebung und die Fähigkeit, mit ihr Informationen auszutauschen.
- Flexible und umgebungsadaptive Handlungssteuerung durch die Repräsentation systemrelevanter Daten der Umwelt.
- Lern- und Antizipationsfähigkeit der integrierten Informationsverarbeitung.

Die kognitive Informationsverarbeitung ermöglicht es, das Systemverhalten zu verändern; diese Fähigkeit ist eng mit dem Phänomen des Lernens und Antizipierens verknüpft [Str96, S. 6]. Lernen bezeichnet dabei den Erwerb neuen Wissens oder die Umstrukturierung bereits vorhandenen Wissens [ZG04, S. 243]. Schon aus Gründen der Sicherheit laufen existenzielle Systemeigenschaften weiterhin reaktiv und reflexartig ab. Intelligente technische Systeme verfügen also neben der modifizierbaren Kopplung weiterhin über eine starre Kopplung [GAC+13, S. 15].

Fazit: Intelligente technische Systeme besitzen das Potential, neue Zusatzeigenschaften zu realisieren, die Kunden begeistern und einen Kundennutzen schaffen. In der Produktfindung sollten somit Ideen gefunden und ausgewählt werden, die möglichst Eigenschaften von intelligenten technischen Systemen aufweisen.

2.3.3 Fazit und Einordnung in diese Arbeit

Bei den in dieser Arbeit fokussierten Produkten handelt es sich um mechatronische Systeme (vgl. Abschnitt 2.3.1). Diese technischen Systeme vollziehen einen Wandel von mechatronischen zu intelligenten technischen Systemen. Der Wandel technischer Systeme bietet sowohl Herausforderungen als auch Nutzenpotentiale für Unternehmen [BMB13, S. 7]. Eine große Herausforderung ist die steigende Systemkomplexität. Diese wird insbesondere durch die zunehmende Durchdringung der Systeme mit Informations- und Kommunikationstechnik induziert. Zusätzlich steigt die Komplexität der Entwicklung

dieser Systeme. Die Komplexität ergibt sich durch die verstärkte Einbindung verschiedener Fachdisziplinen bei der Entwicklung intelligenter technischer Systeme (vgl. Abschnitt 2.3.2).

Indes bietet der Wandel technischer Systeme Nutzenpotentiale für Unternehmen und dessen Produkte. So können Zusatzeigenschaftsideen gefunden und umgesetzt werden, die Kundennutzenvorteile bieten und Produkte differenzieren. Die Nutzenpotentiale müssen durch die Produktfindung in der Produktgenerationenplanung systematisch erschlossen werden. Die zu entwickelnde Systematik soll die Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme unterstützen.

Die Planung und Entwicklung technischer Systeme folgt einem Produktentstehungsprozess. Ein typischer Produktentstehungsprozess wird im nächsten Abschnitt näher diskutiert.

2.4 Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER

Der Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER dient in dieser Arbeit als Referenzprozess. Er erstreckt sich von der Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum Serienanlauf (Start of Production – SOP) und umfasst die Aufgabenbereiche strategische Produktplanung, Produktentwicklung, Dienstleistungsentwicklung und Produktionssystementwicklung. Nach GAUSEMEIER ist der Produktentstehungsprozess keine stringente Folge von Phasen und Meilensteinen, sondern vielmehr ein Wechselspiel von Aufgaben, die sich in vier Zyklen gliedern lassen (siehe Bild 2-12) [GEA16, S. 14]. Nachfolgend werden die Zyklen des Referenzmodells näher erläutert:

Erster Zyklus – strategische Produktplanung

Die **strategische Produktplanung** umfasst die Phasen Potentialfindung, Produktfindung und Geschäftsplanung. Ziel der Potentialfindung ist die Identifikation zukünftiger Erfolgs- und Nutzenpotentiale sowie die Ableitung entsprechender Handlungsoptionen. Gegenstand der Produktfindung ist die Suche, Auswahl und Dokumentation von Produkt- und Dienstleistungsideen, um die erfolgversprechenden Potentiale auszuschöpfen. Die Ideen reichen von neuen Produktideen bis hin zur Verbesserung und Weiterentwicklung bestehender Produkte. In der Geschäftsplanung wird die Geschäftsstrategie erarbeitet; sie definiert, welche Marktsegmente bearbeitet werden sollen. Auf Grundlage der Geschäftsstrategie und des Geschäftsmodells wird die Produktstrategie erarbeitet. Diese mündet in einen Geschäftsplan, der darstellt, ob ein attraktiver Return on Investment (RoI)²⁴ zu erzielen ist [GAD+14, S. 11f.], [GP14, S. 25f.].

²⁴ Der Begriff Return on Investment (kurz: RoI, auch: Kapitalrentabilität) ist eine betriebswirtschaftliche Kennzahl zur Messung der Rendite einer unternehmerischen Tätigkeit. Dazu werden der erwirtschaftete Gewinn und das eingesetzte Kapital ins Verhältnis gesetzt [Spr18-ol].

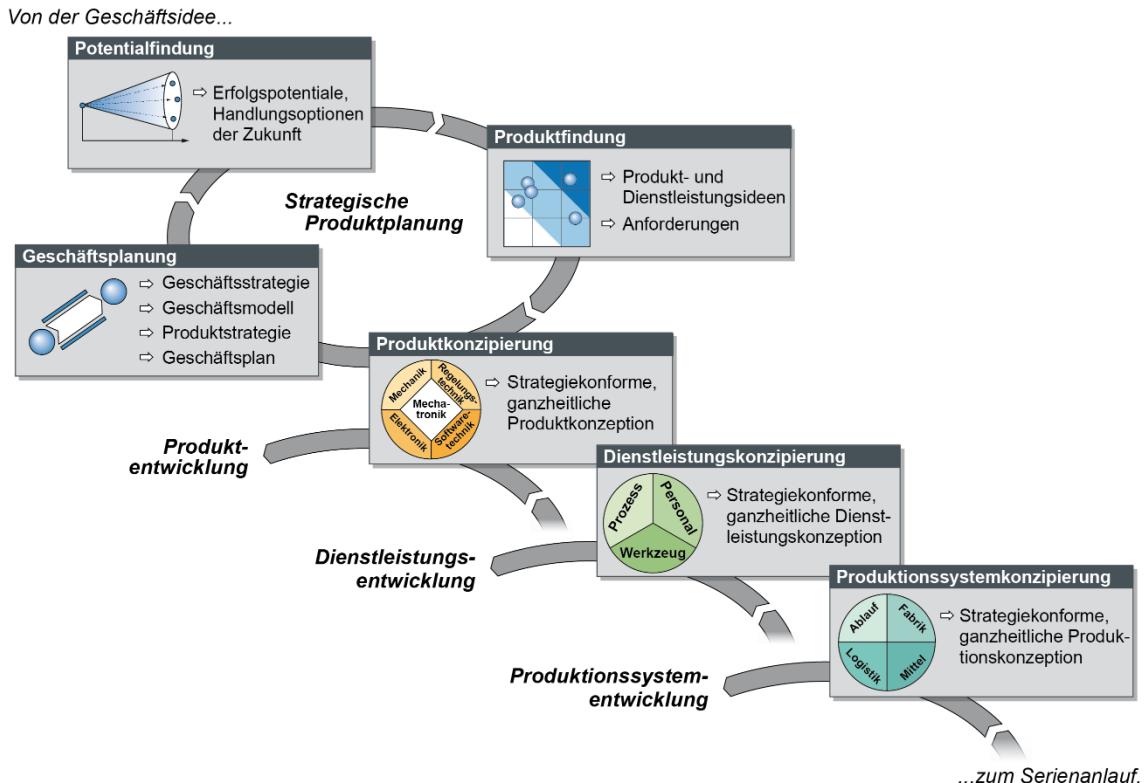


Bild 2-12: Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER [GEA16, S. 14]

Zweiter Zyklus – Produktentwicklung

Die **Produktentwicklung** umfasst die fachdisziplinübergreifende Produktkonzipierung. Ergebnis der Produktkonzipierung ist ein ganzheitliches fachdisziplinübergreifendes Produktkonzept, die Systemarchitektur [GDS+13, S. 43]. Diese ist Teil eines Systemmodells und wird über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg gepflegt. Das Systemmodell bildet die Grundlage für den fachdisziplinspezifischen Entwurf und die Ausarbeitung. Das sind bspw. die Fachdisziplinen Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik. Im Rahmen der Produktintegration werden anschließend die Ergebnisse der Fachdisziplinen zu einer Gesamtlösung integriert [GAD+14, S. 11 f.], [GP14, S. 26].

Dritter Zyklus – Dienstleistungsentwicklung

Die **Dienstleistungsentwicklung** hat das Ziel, eine Dienstleistungsidee in eine Marktleistung umzusetzen. Wesentliche Aufgaben sind die Planung, Konzipierung und Integration von Dienstleistungen [GAD+14, S. 14].

Vierter Zyklus – Produktionssystementwicklung

Die **Produktionssystementwicklung** wird in einem engen Wechselspiel mit der Produktentwicklung vorgenommen. Das Produktionssystemkonzept bildet analog zur Produktentwicklung den Ausgangspunkt für die disziplinspezifische Konkretisierung. Dabei werden die vier Aspekte Arbeitsablaufplanung, Arbeitsmittelplanung, Arbeitsstättenplanung

und Produktionslogistik, insbesondere die Materialflussplanung integrativ betrachtet und im Verlauf des Zyklus konkretisiert. Abschließend erfolgt die Integration zu einem Produktionssystem [GAD+14, S. 12f.], [GP14, S. 26].

Fazit: Der Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER verdeutlicht, dass die Aufgabenbereiche der strategischen Planung und Entwicklung von Marktleistungen stark vernetzt sind. Produkt-, Dienstleistungs- und Produktionssystementwicklung sind parallel und eng aufeinander abgestimmt durchzuführen [GEA16, S. 15]. Dem von GAUSEMEIER postulierten Grundgedanken eines zyklischen Vorgehens folgend, ist ein bidirektonaler Informationsaustausch zwischen den Zyklen erforderlich. Die Planung von Produktgenerationen wird nicht näher erläutert, kann aber mit dem Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER beschrieben werden. Vor diesem Hintergrund wird in dieser Arbeit der Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER zur Einordnung der Produktfindung in der Produktgenerationenplanung verwendet. Die Produktfindung in der Produktgenerationsplanung ist danach eine Teilaufgabe der strategischen Produktplanung. Die Produktgenerationsplanung adressiert im Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER den gesamten ersten Zyklus.

2.5 Produktfindung in der Produktgenerationenplanung

Im Zentrum dieser Arbeit steht die Produktfindung in der Produktgenerationenplanung. Vor diesem Hintergrund werden in den nächsten Abschnitten Herausforderungen und Ansätze in der Produktfindung diskutiert. Zunächst wird das **Vorgehensmodell für die Produktfindung** angelehnt an die VDI-Richtlinie 2220 eingeführt und im Kontext der Produktgenerationenplanung diskutiert (vgl. Abschnitt 2.5.1). Anschließend werden grundlegende **Modifikationsziele der Produktfindung** für Produktgenerationen aufgezeigt und das in der vorliegenden Arbeit adressierte Modifikationsziel festgelegt (vgl. Abschnitt 2.5.2). Es folgt die Betrachtung von **Suchfeldern in der Produktfindung**. Hierbei werden die vielversprechenden Suchfelder Kunden und Vorgängergeneration erörtert (vgl. Abschnitt 2.5.3). Anschließend wird die **Ideenfindung** in der Produktfindung diskutiert (vgl. Abschnitt 2.5.4). Dabei wird die besondere Bedeutung von Problemen und des Problemverständnisses für die Suche von Ideen dargelegt. Abschließend wird die **Ideenauswahl** erörtert (vgl. Abschnitt 2.5.5).

2.5.1 Vorgehensmodell für die Produktfindung

Zur Strukturierung der Produktfindung wird beispielhaft das Vorgehensmodell²⁵ angelehnt an die VDI-Richtlinie 2220 vorgestellt. Gegenstand der Produktfindung ist die Suche und Auswahl von Ideen zur Erschließung von zuvor identifizierten Nutzenpotentialen

²⁵ Eine Übersicht über Vorgehensmodelle der Produktfindung liefert z. B. [GDE+18, S. 55].

(vgl. Abschnitt 2.4). Ausgangspunkt der Produktfindung sind Nutzenpotentiale und Rahmenbedingungen, aus denen sich Suchfelder ergeben. Innerhalb der Suchfelder wird nach Produkt-, Dienstleistungs- oder Produkteigenschaftsideen gesucht. Zur systematischen Erschließung der Nutzenpotentiale werden vier Phasen durchlaufen (siehe Bild 2-13) [GEK01, S. 117f.], [FG13, S. 301ff.], [VDI2220, S. 3]:

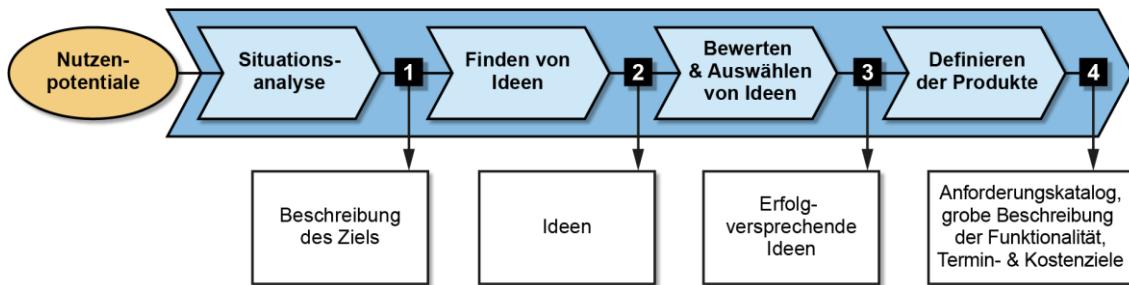


Bild 2-13: Vorgehensmodell für die Produktfindung (angelehnt an [GEK01, S. 118], [FG13, S. 301ff.], [VDI2220, S. 3])

Situationsanalyse: Die aus den Nutzenpotentialen resultierenden Suchfelder wie Märkte/Kunden, Produkte, Technologien und Fertigungsressourcen werden näher analysiert. Zunächst müssen Informationen über die Suchfelder und die Randbedingungen gesammelt und analysiert werden, um die Ziele der Suche abzustecken [GEK01, S. 117]. In diesem Kontext werden bspw. Referenzprodukte (vgl. Abschnitt 2.1.2) und Märkte bzw. Kunden analysiert. Ziel ist die Identifikation von Problemen und die Herstellung eines Problemverständnisses. Dieses ist notwendig, um in der anschließenden Phase Ideen finden zu können [Lin17, S. 747f.].

Findung von Ideen: Gegenstand dieser Phase ist die Suche möglichst vieler Ideen [VDI2220], [GEK01, S. 117]. Nach Ideen kann unternehmensintern (z. B. bekannte Lösungen für ähnliche Probleme) und unternehmensextern (z. B. Wettbewerbsprodukte) gesucht werden. Zur Suche von Ideen werden häufig interdisziplinäre Teams gebildet, die durch Kreativitätstechniken unterstützt werden [GEK01, S. 122ff.], [Sch12, S. 86]. Als Ergebnis dieser Phase liegt häufig eine hohe Anzahl an Ideen vor.

Bewerten und Auswählen von Ideen: Ziel dieser Phase sind erfolgversprechende Ideen [GEK01, S. 119]. Zur Auswahl werden die Ideen anhand von verschiedenen Dimensionen mit jeweils unterschiedlichen Kriterien bewertet (z. B. Kundennutzen, Anbieternutzen und Kosten). Anschließend werden erfolgversprechende Ideen ausgewählt [VDI2220], [GEK01, S. 119].

Definieren der Produkte: In der letzten Phase werden die ausgewählten Ideen konkretisiert. Dies umfasst die Formulierung der Anforderungen an das neue Produkt, eine grobe Spezifikation der Funktionalität sowie die Festlegung der Termin- und Kostenziele. Diese Informationen werden in einem Entwicklungsauftrag an die Produktkonzipierung überreicht [GEK01, S. 119], [FG13], [VDI2220].

Fazit: Die zu entwickelnde Systematik soll sich am vorgestellten Vorgehensmodell orientieren. Die Phase Situationsanalyse wird als wesentlicher Teil der Ideenfindung betrachtet, da hierbei Probleme und Bedürfnisse für die Suche von Ideen identifiziert werden. Die Definition von Produktgenerationen unterscheidet sich nicht wesentlich von der Definition von Produkten; diese Phase wird aus diesem Grund nicht fokussiert.

2.5.2 Modifikationsziele in der Produktfindung

Um eine Produktdifferenzierung über den Kundennutzen von Produkteigenschaften zu erzielen, müssen in der Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung geeignete Ideen gefunden und ausgewählt werden. Wird in der Produktfindung eine Vorgängergeneration als Basis-Referenzprodukt genutzt, dann wird dies in der betriebswirtschaftlichen Literatur in der Regel als Produktvariation bzw. Produkt-Relaunch oder als eine Produktdiversifikation im engeren Sinne bezeichnet [BV14, S. 240ff.]. Gegenstand einer solchen Produktgenerationenplanung ist eine gezielte Veränderung eines Bündels von Eigenschaften einer Vorgängergeneration [HF13, S. 369f.]. Grundsätzlich können drei Modifikationsziele²⁶ identifiziert werden: Eigenschaftsdiversifikation, Eigenschaftsverbesserung und Eigenschaftselimination. Die Modifikationsziele werden nachfolgend vorgestellt (siehe Bild 2-14):



Bild 2-14: Modifikationsziele in der Produktfindung

- **Eigenschaftsdiversifikation:** Gegenstand ist die Integration neuer Eigenschaften in das Eigenschaftsbündel eines Basis-Referenzprodukts (z. B. „Condition Monitoring“²⁷ in eine Werkzeugmaschine) [Pep09, S. 15ff.], [BV13, S. 240ff.], [KZ13, S. 231ff.], [ABK+18].
- **Eigenschaftsverbesserung:** Gegenstand ist die Verbesserung bestehender Eigenschaften eines Basis-Referenzprodukts (z. B. hinsichtlich Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit und Effizienz) [Pep09, S. 15ff.], [BV13, S. 240ff.], [KZ13, S. 231ff.], [ABK+18].

²⁶ Die Modifikationsziele sind angelehnt an die produktpolitischen Maßnahmen nach Markteinführung, die eine neue Produktgeneration oder Elimination eines Produkts adressieren: Produktvariation, Produktdiversifikation im engeren Sinne und Produktelimination [BV14, S. 240ff.].

²⁷ Condition Monitoring bzw. Zustandsüberwachung ist eine regelmäßige oder permanente Erfassung des Maschinenzustandes durch Messung und Analyse physikalischer Größen (z. B. Schwingungen, Temperaturen und Lage) [Dav98].

- **Eigenschaftselimination:** Gegenstand ist die Abschaffung von vermeintlichen Leistung- oder Basiseigenschaften des Eigenschaftsbündels eines Basis-Referenzprodukts, die nur einen geringen oder keinen Nutzen für den Kunden stiften und/oder verhältnismäßig kostenintensiv sind [DG07, S. 101], [Pep09, S. 15ff.], [BV13, S. 240ff.], [KZ13, S. 231ff.], [ABK+18].

Fazit: Die Integration von Zusatzeigenschaften erscheint zur Produktdifferenzierung über einen hohen Kundennutzen vielversprechend. Die zu entwickelnde Systematik soll daher das Modifikationsziel Eigenschaftsdiversifikation fokussieren.

2.5.3 Suchfelder in der Produktfindung

Für die systematische Erschließung von Nutzenpotentialen durch die Produktfindung werden in der Regel Suchfelder definiert [VDI2220]. Suchfelder sind abgesteckte Denkräume, in denen Ideen gesucht werden [GDE+18]. Die Definition von Suchfeldern dient einer effektiven und effizienten Analyse sowie einer zielgerichteten Ideenfindung. In der Literatur bestehen vielfältige Vorschläge für generische Suchfelder. Die Tabelle 2-1 zeigt eine Auswahl an möglichen Suchfeldern.

Tabelle 2-1: Generische Suchfelder

Funktionen	z. B. transportieren, verpacken, prüfen, messen [VDI2220, S. 4]
Arbeitsprinzipien	z. B. Hydraulik, Lasertechnik, Mikroelektronik [VDI2220, S. 4]
Stoffe	z. B. Glas, Kunststoff, Leichtmetall, Edelstahl [VDI2220, S. 4]
Verfahren	z. B. Gießen, Walzen, Schweißen [VDI2220, S. 4]
Märkte	z. B. Automobilbau, Landwirtschaft, Maschinenbau [VDI2220, S. 4]
Trends	z. B. Ökologie, Digitalisierung, Individualisierung [VDI2220, S. 4]
Design	z. B. Ergonomie, Umgebungsbezug, Wertvorstellung [VDI2220, S. 4]
Bionik	z. B. Analogien zur Natur, Lösung äquivalenter Funktionen [Ehr17, S. 380]
Produktprogramm	z. B. angebotene Produkte [GDE+18, S. 14ff.]
Technologien	z. B. Selektives Lasersintern [GDE+18, S. 14ff.]
Produkt-Markt	z. B. Produkt-Markt-Matrix [GDE+18, S. 14ff.]
Szenarien	z. B. Umfeldszenarien [GP14, S. 177ff.]
Kompetenzen	z. B. Fertigungskompetenzen [GP14, S. 177ff.]
Ressourcen	z. B. Fertigungsressourcen [GP14, S. 177ff.]
Lieferanten	z. B. Schlüssellieferanten [Por80]
Wettbewerb	z. B. direkte Wettbewerber [Por80]
Interne Referenzprodukte	z. B. Vorgängergenerationen, Variantengenerationen, Produktgenerationen im Produktprogramm [AGH+16]
Externe Referenzprodukte	z. B. Produkte des Wettbewerbs, Produkte anderer Branchen [AGH+16]

Zur Analyse von Suchfeldern werden zunächst relevante Artefakte identifiziert (z. B. 3D-CAD-Modelle, Systemmodelle und Kundenlisten). Diese werden analysiert, um bspw.

die Ist-Situation einer Vorgängergeneration und etwaige Probleme nachvollziehen zu können. Die Identifikation von Problemen und die Schaffung eines Problemverständnisses sind wesentlich für die Ideenfindung [Lin17, S. 747f.]. Auf Grundlage der identifizierten Probleme können anschließend differenzierende Zusatzeigenschaftsideen gefunden werden.

Wird in der Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung eine Vorgängergeneration als Basis-Referenzprodukt verwendet, dann schränkt dies den Suchraum ein. Bei einer solchen Suche steht die Findung von neuen Zusatzeigenschaftsideen im Vordergrund und somit das Modifikationsziel Eigenschaftsdiversifikation [GR13, S. 75]. Vielversprechende Suchfelder in der Produktgenerationenplanung sind die Vorgängergeneration und bestehende Kunden, da über diese in der Regel umfangreiche Informationen in Form von Artefakten (z. B. Systemmodelle) sowie Wissen der Mitarbeiter vorliegen (z. B. über Kundenprobleme).

Suchfeld Kunden und Kundenorientierung

Die Analyse der bestehenden Kunden, deren Wünsche und Bedürfnisse befriedigt werden sollen, bildet eine geeignete Grundlage für eine kundenorientierte Ideenfindung [Bro08], [PMW09], [Sch17a]. Kundenorientierung bezeichnet die Ausrichtung der betrieblichen Produktentstehung an den Kundenbedürfnissen [Bru07, S. 13], [GDE+18, S. 99f.]. Nach HAMEL und PRAHALAD ist es für eine erfolgreiche Ideenfindung nicht ausreichend, sich an den artikulierten Bedürfnissen von bestehenden Kunden zu orientieren. Chancen für erfolgversprechende Zusatzeigenschaften bieten vielmehr die unartikulierten Bedürfnisse und Probleme der Kunden [HP95, S. 161ff.]. Neben den heutigen Bedürfnissen sollten auch zukünftige Probleme antizipiert und berücksichtigt werden [GDE+18, S. 99f.].

Diese Arbeit adressiert das produzierende Gewerbe im Business-to-Business-Bereich, also Unternehmen, die ihre Produkte an Unternehmen vertreiben [KP00, S. 1ff.]. Auf Business-to-Business-Märkten wird die Kaufentscheidung in der Regel nicht von einer einzelnen Person getroffen. Vielmehr wird die Kaufentscheidung von einem sog. Buying-Center²⁸ in einem organisationalen Beschaffungsprozess herbeigeführt [BV14, S. 39ff.], [JB81], [She74], [WW72]. Hierbei ist der Käufer meistens nicht der direkte Nutzer eines Produkts. Es sind demnach die Wünsche und Bedürfnisse von verschiedenen an der Kaufentscheidung direkt und indirekt beteiligten Stakeholdern zu berücksichtigen.

Suchfeld Vorgängergeneration und Referenzmodell

Für die Erschließung von Nutzenpotentialen, insbesondere der des Wandels technischer Systeme, bietet sich das Suchfeld Vorgängergeneration an. In diesem Suchfeld liegen in der Regel neben der Vorgängergeneration, vielfältige Artefakte zur Analyse vor

²⁸ Als Buying-Center (dt. Einkaufsgremium) eines Unternehmens wird eine Gruppe von Personen bezeichnet, die an einer Kaufentscheidung beteiligt ist [RFW67].

[AGH+16]. Diese enthalten bspw. Informationen über die technische Lösung (z. B. Systemarchitektur), Nutzung durch Kunden (z. B. Anwendungsfälle), Interaktion mit anderen technischen Systemen und Menschen (z. B. Schnittstellendefinition) sowie Rahmenbedingungen (z. B. Umfeld des technischen Systems). Besonders vielversprechende Artefakte für die Analyse sind Referenzmodelle (z. B. Systemmodelle, 3D-CAD-Modelle und Simulationsmodelle), die häufig umfangreiche Informationen umfassen. Eine referenzmodellgestützte Ideenfindung auf Grundlage der Analyse des Suchfelds Vorgängergeneration, unter besonderer Berücksichtigung von Referenzmodellen erscheint somit erfolgversprechend.

Für das Modifikationsziel Eigenschaftsdiversifikation kann das Suchfeld Vorgängergeneration in drei Suchfelder untergliedert werden: erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften. Diese Suchfelder können u. a. auf der Grundlage von Referenzmodellen analysiert werden. Nachfolgend wird das Suchfeld Vorgängergeneration vorgestellt (siehe Bild 2-15):

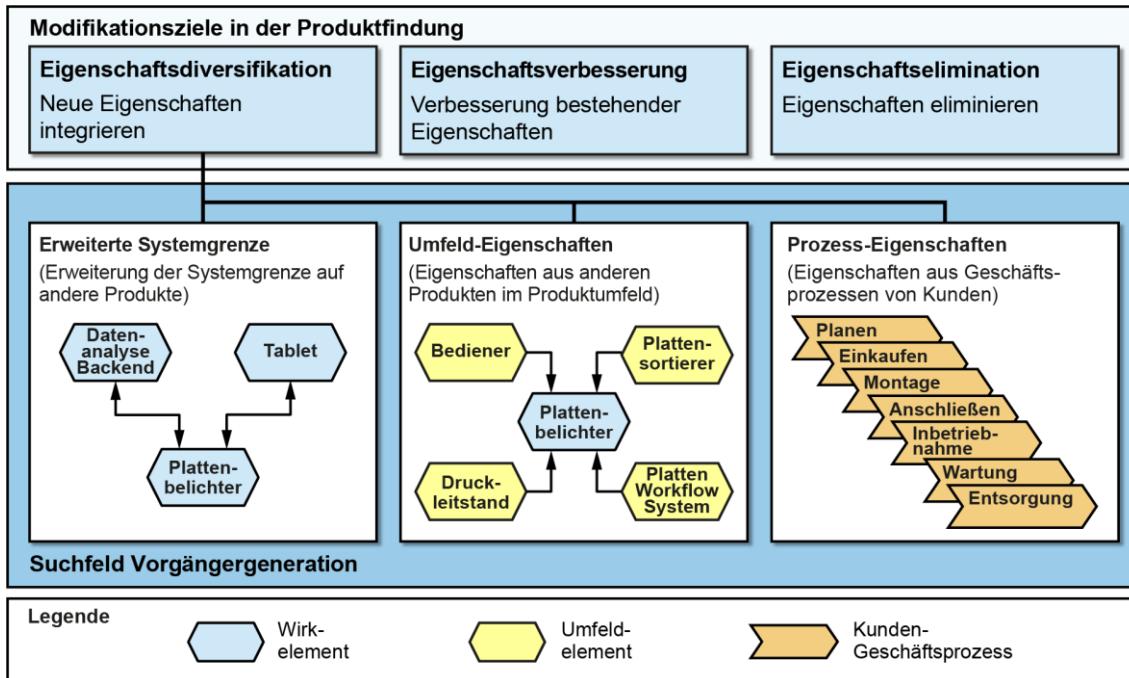


Bild 2-15: Suchfeld Vorgängergeneration (angelehnt an [Küh16, S. 20], [ABK+18])

Erweiterte Systemgrenze: Gegenstand ist die Erweiterung der Systemgrenze eines Produkts auf andere Systeme im Umfeld. Dabei werden Eigenschaften, die überwiegend durch andere Systeme erbracht werden, in das Produkt integriert, um den Kundennutzen zu erhöhen. Beispiele sind die Einbindung von Plattformen, Tablets, Datenpools und Backends in ein Produkt. Diese müssen nicht zwangsläufig von demselben Unternehmen angeboten oder betrieben werden (z. B. Data-Analytics-Plattform oder Data-Analytics-App auf Drittanbieter-Plattform). Die zunehmende Vernetzung und Intelligenz von Systemen ermöglicht neue datenbasierte Zusatzeigenschaften wie Fernüberwachung, Fernsteuerung und Lokalisierung [Aca14, S. 14ff.], [BKR+16, S. 11ff.], [itsowl18, S. 6ff.].

Umfeld-Eigenschaften: Ziel ist die Integration von Eigenschaften (z. B. Zusatzeigenschaften), die ursprünglich durch andere Systeme im Umfeld eines Produkts realisiert werden [itsowl15, S. 17ff.], [Küh16, S. 19f.]. Ein Beispiel hierfür sind Automatisierungskomponenten (z. B. Antriebe), die durch eine eigene Informationsverarbeitung Aufgaben von übergeordneten Steuerungen übernehmen [GB12, S. 19ff.], [itsowl15, S. 17], [Küh16, S. 20], [BKR+16, S. 11ff.].

Prozess-Eigenschaften: Mit der Integration von Eigenschaften wird das Ziel verfolgt, produktlebenszyklusrelevante Prozesse (z. B. des Kunden) zu unterstützen oder zu übernehmen. Typische durch Anbieter unterstützte Prozesse sind in der Nutzungsphase die Inbetriebnahme (z. B. virtuelle Inbetriebnahme) und die Instandhaltung (z. B. vorausschauende Instandhaltung) [itsowl15, S. 21], [Küh16, S. 20], [BKR+16, S. 11ff.].

Fazit: Für das Modifikationsziel Eigenschaftsdiversifikation bestehen zwei erfolgversprechende Suchfelder, Kunden und Vorgängergeneration. Das Suchfeld Kunden erscheint für die Identifikation von Kundenproblemen und Kundenaufgaben als Grundlage für eine kundenorientierte Ideenfindung vielversprechend. Das Suchfeld Vorgängergeneration umfasst in der Regel vielfältige Artefakte, die Informationen über ein Produkt beinhalten. Vielversprechend sind insbesondere Referenzmodelle, die Informationen über die technische Lösung, Nutzung durch Kunden, Interaktion mit anderen technischen Systemen und Menschen sowie Rahmenbedingungen umfassen. Das Suchfeld Vorgängergeneration kann zur Analyse auf Grundlage von Referenzmodellen in folgende Suchfelder untergliedert werden: erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften. Die Suchfelder erscheinen insbesondere zur Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme geeignet. Problematisch ist, dass es an Ansätzen zur systematischen Analyse dieser Suchfelder mangelt. Die zu entwickelnde Systematik soll die Analyse der aufgezeigten Suchfelder in einer kundenorientierten und referenzmodellgestützten Ideenfindung unterstützen.

2.5.4 Ideenfindung in der Produktgenerationenplanung

Das Ziel der Ideenfindung ist eine möglichst große Anzahl an Ideen. Diese Ideen werden zunächst nur gesammelt und dokumentiert. Eine Bewertung sollte in dieser Phase nicht durchgeführt werden, da häufig Ideen, die auf den ersten Blick nicht vielversprechend oder realisierbar erscheinen, zu erfolgversprechenden Neuerungen weiterentwickelt werden können. Diese Ideen gilt es, nicht vorschnell auszusortieren [HF13, S. 163].

Ausgangspunkt der Ideenfindung sind vorgegebene Suchfelder (vgl. Abschnitt 2.5.3) [VDI2220], [GEK01, S. 117f.]. Diese Suchfelder werden in der Ideenfindung zunächst analysiert. Die Analyse der Suchfelder ist notwendig, um Probleme und Potentiale zu identifizieren sowie ein Problemverständnis herzustellen [Lin17, S. 747f.]. Auf dieser Grundlage können Ideen gesucht werden. Häufig scheitert die Ideenfindung bereits an einem Mangel an Kenntnis und Verständnis von Problemen und Bedürfnissen [Lin17,

S. 753ff.]. Zur Analyse von Suchfeldern werden unternehmensinterne und -externe Informationen gesammelt, Zusammenhänge untersucht und Randbedingungen abgesteckt [GEK01, S. 117]. Je nach Suchfeld sind dies bspw. Entwicklungsartefakte (z. B. Systemmodelle, 3D-CAD-Modelle und Prüfberichte) und Ergebnisse der Potentialfindung (z. B. Trends, Technologien und Wettbewerbsprodukte). Wird als Basis-Referenzprodukt die Vorgängergeneration verwendet, dann kann in der Regel auf umfangreiche Informationen in Artefakten (z. B. Systemmodell) und Wissen der Mitarbeiter über Kunden (z. B. Kundenbedürfnisse, Kundenprobleme und Kundenaufgaben) zurückgegriffen werden. Dieses kann für eine kundenorientierte und eine referenzmodellgestützte Ideenfindung verwendet werden. Das Aufgaben- und Problemverständnis im spezifischen Kundenkontext als Grundlage zur Nutzenschaffung steht in vielen modernen Ansätzen der Ideenfindung im Vordergrund, wie zum Beispiel im Design Thinking oder im Value Proposition Design [OPB+15], [BU08], [CHD+16], [PML16].

Kreativität in der Ideenfindung

Zur Suche von Ideen werden häufig unterstützend Kreativitätstechniken²⁹ eingesetzt (z. B. Brainstorming, Morphologischer Kasten und TRIZ) [GEK01, S. 122ff.], [Sch12, S. 86]. Kreativitätstechniken basieren fast ausschließlich auf Assoziation, Abstraktion, Kombination und Variation [Sch12, S. 86f.]. Je nach Problem werden Ideen für funktionale Produkteigenschaften, Wirkprinzipien, Gestaltungsmöglichkeiten und Integrationsmöglichkeiten gesucht [GEK01, S. 118].

Der Begriff Kreativität geht auf das lateinische Wort *creare* zurück, was so viel wie *erschaffen* bedeutet. Jeder Mensch besitzt eine natürliche Kreativität, nutzt sie jedoch unterschiedlich stark [MSB97]. Natürliche Kreativität ist die Fähigkeit, Probleme verschiedenster Art auf bisher nicht bekannte oder zumindest nicht gebräuchliche Weise zu lösen [NS88, S. 81], [GZ14]. Zweckmäßige kreative Ideen entstehen jedoch nicht ausschließlich durch die natürliche Kreativität, sondern erfordern zusätzlich Wissen und Erfahrung³⁰. Durch diese Kombination werden das Problem und die Idee in einen gemeinsamen Kontext gestellt, sodass die Lösungsidee sinnvoll und brauchbar ist [GHH00], [HHK00]. Wissen und Erfahrung können indes als Hemmnisse wirken und von besseren Lösungen und Lösungswegen abhalten [BF03]. Dies liegt häufig daran, dass der Erfahrungskontext nicht hinreichend der gegebenen Situation entspricht [Lin18, S. 744].

Die kreative Leistung von Menschen kann durch die Anwendung von Kreativitätstechniken signifikant erhöht werden, sofern problemlösungsrelevantes Wissen vorhanden ist

²⁹ Kreativitätstechniken sind Methoden zur Förderung der Kreativität. Diese umfassen Denk- und Verhaltensregeln für eine Gruppe oder ein Individuum, die in ihrer Gesamtwirkung das Entstehen von Ideen begünstigen und anregen [SM02, S. 147]. Einen Überblick über Kreativitätstechniken findet sich im Anhang A1.3.

³⁰ Erfahrungen, Fertigkeiten, ein Verständnis für Zusammenhänge und ein Gespür für Erfolg werden nach SPITZER ET AL. als Teil des Begriffs Wissen definiert [SEK98].

[MSB97]. Grundsätzlich können zwei Arten von Kreativitätstechniken unterschieden werden: solche, die eine eher intuitiv-kreative Ideenfindung fördern, oder solche, die eine eher systematisch-analytische Ideenfindung unterstützen (siehe Bild 2-16) [GDE+18, S. 183f.], [Ehr17]:

Methoden, die eine eher **intuitiv-kreative Ideenfindung** unterstützen, zielen auf das intuitive Denken der Menschen ab. Beim intuitiven Denken erfolgt die Suche nach neuen Ideen beim Problemlöser im Unterbewusstsein. Nach MALORNY ET AL. geschieht dies in zwei Phasen: *Inkubation* und *Erleuchtung* [MSB97]. Demnach werden in der *Inkubation* alle bisherigen Erkenntnisse und Informationen im Unterbewusstsein verknüpft und analysiert. Erkenntnisse entstehen bspw. durch Ereignisse, Assoziationen, Strukturübertragung, Analogiebildung und Stimulation [GDE+18, S. 183]. Es entstehen vage Vorstellungen, wie eine Problemlösung aussehen kann. In der *Erleuchtung* werden die vagen Vorstellungen dem Problemlöser als Lösungsideen bewusst. Nachteil der intuitiv-kreativen Ideenfindung ist, dass häufig neue Wege nicht erkannt werden. Gründe hierfür sind bspw. die Fixierung des Problemlösers auf bestehende Konventionen oder die nicht im Bewusstsein verankerten neuen Technologien [PBF+13], [Ehr17], [GDE+18, S. 183].

Methoden, die eine eher **systematisch-analytische Ideenfindung** unterstützen, zielen auf das diskursive Denken der Menschen ab. Dies ist ein bewusstes Vorgehen, bei dem ein Gesamtproblem in Teilprobleme zerlegt wird; diese werden jeweils für sich gelöst. Zur Lösung der Probleme werden Informationen zum Gesamtproblem und zu den Teilproblemen gesammelt, analysiert, variiert, neu kombiniert und geprüft. Vorteil der systematisch-analytischen Ideenfindung ist, dass komplexere Probleme systematisch gelöst und Denkblockaden überwunden werden können. Nachteilig ist der höhere Zeitaufwand gegenüber der intuitiv-kreativen Ideenfindung [PBF+13], [Ehr17] [GDE+18, S. 183].



Bild 2-16: Ideenfindung durch intuitives oder diskursives Denken [GDE+18, S. 183]

Fazit: Für eine kundenorientierte und referenzmodellgestützte Ideenfindung gilt es, die systematische Analyse der Suchfelder Kunden und Vorgängergeneration zu ermöglichen. Es soll die Identifikation von Problemen sowie die Herstellung eines Problemverständnisses unterstützt werden, um auf dieser Grundlage differenzierende Zusatzeigenschaftsideen zu finden. In dieser Arbeit werden in der Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung komplexe technische Systeme betrachtet. Aufgrund der vorherrschenden Komplexität (z.B. von vorhandenen Produktgenerationen) und des Fokus auf Zusatzeigenschaftsideen soll die Systematik eine eher systematisch-analytische Ideenfindung unterstützen.

2.5.5 Ideenauswahl in der Produktgenerationenplanung

Auf die Ideenfindung folgt die Ideenauswahl. Gegenstand der Ideenauswahl ist die Strukturierung, Bewertung und Auswahl von Ideen [Dis12, S. 157]. Erst durch die Auswahl werden aus einer Vielzahl von Ideen diejenigen herausgefiltert, die für ein Unternehmen erfolgversprechend sind [Dis12, S. 157], [HF13, S. 163]. Die Auswahl von Ideen ist notwendig, da in der Regel die Ressourcen der Unternehmen begrenzt sind und daher nicht alle Ideen weiterverfolgt werden können [Sch12, S. 89f.]. Das bedeutet, es werden meistens nur wenige Ideen bis zur Marktreife getrieben. In der Ideenauswahl wird festgelegt, welche Ideen weiterverfolgt, zurückgestellt oder abgelehnt werden [GDE+18, S. 216f.].

Bei der Bewertung und der anschließenden Auswahl der Ideen können Unternehmen zwei wesentliche Fehler begehen. 1) Eine Idee wird ausgewählt und weiterentwickelt, die im weiteren Verlauf verworfen oder nach der Markteinführung zu einem Misserfolg wird. Die Kosten einer solchen Fehlentwicklung können immens sein und sogar das Fortbestehen des Unternehmens gefährden. 2) Eine Idee wird verworfen, die sich später zu einem Markterfolg entwickeln würde. Bei dieser Fehlbewertung entgehen Unternehmen somit Gewinne. Eine sorgfältige Bewertung und Auswahl der Ideen ist demzufolge notwendig [Kot97, S. 315f.], [HF13, S. 163].

Ein grundlegendes Problem bei der Bewertung von Ideen in dieser Phase ist, dass aufgrund des Mangels an Informationen eine große Unsicherheit vorherrscht (vgl. Abschnitt 2.1.8). So ist die objektive Bewertung von Ideen herausfordernd, da diese in der Regel keine ausgereiften Konzepte oder Prototypen sind. Nach KOTLER ist eine Produktidee ein denkbare, aber noch nicht ausgearbeitetes Produkt [KAW+11]. Das bedeutet, Ideen liegen häufig in einem geringen Konkretisierungsgrad vor [NDH94, S. 268]. Erschwerend kommt hinzu, dass häufig verschiedene Ideen nicht den gleichen Konkretisierungsgrad besitzen und eine hohe Anzahl an Ideen vorliegt. Der geringe Konkretisierungsgrad und die hohe Anzahl an Ideen schränken die Auswahl von Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien ein. Indessen ist die Auswahl geeigneter Dimensionen und Kriterien entscheidend, um Fehlbewertungen zu vermeiden [Sha99, S. 148]. Das bedeutet, es müssen an die Situation angepasste Bewertungsmethoden eingesetzt werden, die überwiegend qualitative Bewertungskriterien umfassen [Sch12, S. 90f.]. Bei der Festlegung von Bewertungskriterien muss zwischen pragmatischer Festlegung im Einzelfall und starker Verallgemeinerung abgewogen werden [Zah95]. Zur Identifikation von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen gilt es demzufolge, geeignete Bewertungsdimensionen und -kriterien einzusetzen.

Um die Ideenauswahl zu systematisieren und Fehlbewertungen zu vermeiden, werden häufig mehrstufige Bewertungsmethoden verwendet. Weit verbreitet ist die Systematik des Ideentrichters, die nachfolgend vorgestellt wird.

Systematik des Ideenrichters

Der Ideenrichter nach WHEELWRIGHT und CLARK ermöglicht die sukzessive Auswahl und Konkretisierung von Produkt-, Dienstleistungs- bzw. Geschäftsideen [WC92], [GDE+18] (siehe Bild 2-17). Im Folgenden werden die sechs Phasen des Vorgehens erläutert [GDE+18, S. 210ff.]:

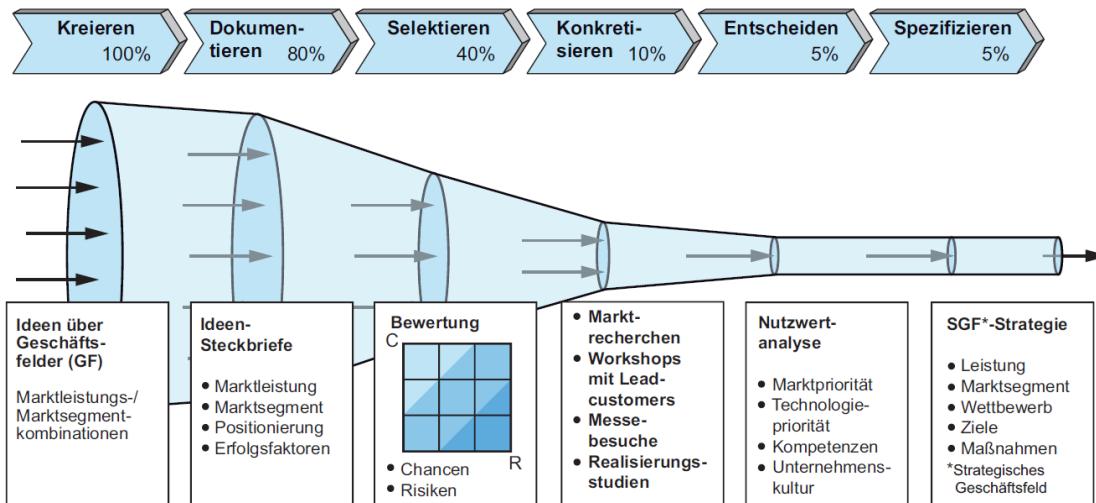


Bild 2-17: Systematik des Ideenrichters nach Wheelwright und Clark [WC92] und Gausemeier et al. [GDE+18, S. 210]

Kreieren: In der ersten Phase werden Ideen generiert und der Ideenrichter gefüllt. Zunächst wird definiert, in welchen Geschäfts- bzw. Innovationsfeldern Ideen entwickelt werden sollen; hierfür wird der Suchraum durch Suchfelder festgelegt. Anschließend erfolgt die Ideenfindung in den Suchfeldern [GDE+18, S. 210ff.].

Dokumentieren: In der zweiten Phase werden die Ideen in Ideensteckbriefen dokumentiert. Diese sollen unter den Prozessbeteiligten ein gleiches Verständnis der Ideen sicherstellen und die Ideen strukturiert erfassen [GDE+18, S. 210ff.].

Selektieren: In der dritten Phase werden die dokumentierten Ideen hinsichtlich ihrer Chancen und Risiken bewertet. Erfolgversprechend sind Ideen mit hohen Chancen bei geringen Risiken. Wie viele Ideen im weiteren Prozess detailliert werden, hängt von den verfügbaren Ressourcen und der Risikoneigung des jeweiligen Unternehmens ab [GDE+18, S. 210ff.].

Konkretisieren: Die selektierten Ideen werden in dieser Phase konkretisiert. Zur Detaillierung werden bspw. Marktanalysen oder Realisierungsstudien durchgeführt [GDE+18, S. 210f.].

Entscheiden: In der fünften Phase werden die konkretisierten Ideen abschließend bewertet. Hierfür kann auf eine Nutzwertanalyse mit wirtschaftlichen und technischen Kriterien zurückgegriffen werden [GDE+18, S. 210ff.].

Spezifizieren: Ergebnis der letzten Phase sind in Geschäftsfeldsteckbriefen dokumentierte Ideen. Diese Steckbriefe enthalten relevante Informationen zum Produkt, zur Dienstleistung, zum Markt, zum Wettbewerb, zu den Kompetenzen sowie zu den wirtschaftlichen Zielen und notwendigen Maßnahmen [GDE+18, S. 210ff.].

Fazit: Zur Identifikation von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen in der Ideenauswahl soll die zu entwickelnde Systematik geeignete Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien anbieten. Es ist eine effektive und effiziente Ideenauswahl durch eine mehrstufige Bewertungsmethode sicherzustellen. Die zu entwickelnde Systematik soll sich hierbei am Ideentrichter nach WHEELWRIGHT und CLARK sowie GAUSEMEIER ET AL. orientieren.

2.5.6 Fazit und Einordnung in diese Arbeit

Die zu entwickelnde Systematik soll die zwei zentralen Phasen der Produktfindung, die Ideenfindung und die Ideenauswahl (vgl. Abschnitt 2.5.1) unterstützen. In der Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung können drei Modifikationsziele unterschieden werden: Eigenschaftsdiversifikation, Eigenschaftsverbesserung und Eigenschaftselimination. In dieser Arbeit wird das Modifikationsziel Eigenschaftsdiversifikation adressiert, da dieses für die Produktdifferenzierung durch Zusatzeigenschaften besonders geeignet erscheint (vgl. Abschnitt 2.5.2).

Zur zielgerichteten Ideenfindung werden häufig Suchfelder verwendet, die Denkräume eingrenzen. Für die Analyse der Suchfelder werden Informationen identifiziert, gesammelt und untersucht. Ziel sind bisher nicht adressierte Probleme und Bedürfnisse sowie die Schaffung eines Problemverständnisses als Grundlage für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen. Wird, wie in dieser Arbeit vorausgesetzt, eine Vorgängergeneration als Basis-Referenzprodukt verwendet, dann kann in der Regel auf vielfältige Artefakte und Informationen sowie Wissen der Mitarbeiter über Kunden und die Vorgängergeneration zurückgegriffen werden. Aus diesem Grund erscheinen die zwei Suchfelder Kunden und Vorgängergeneration erfolgversprechend (vgl. Abschnitt 2.5.3).

Im Suchfeld Kunden können Kundenprobleme und Kundenaufgaben identifiziert werden, die eine kundenorientierte Ideenfindung ermöglichen. Im Suchfeld Vorgängergeneration sind insbesondere Referenzmodelle vielversprechend, die Informationen über die technische Lösung (z.B. Systemarchitektur) und Rahmenbedingungen (z. B. Umfeld des technischen Systems) umfassen.

Das Suchfeld Vorgängergeneration kann zur Analyse auf Grundlage von Referenzmodellen in die Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften untergliedert werden. Die Analyse dieser Suchfelder erscheint insbesondere zur Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme geeignet. Die zu entwickelnde Systematik soll die Analyse der aufgezeigten Suchfelder in einer kundenorientierten und referenzmodellgestützten Ideenfindung ermöglichen, um auf dieser

Grundlage differenzierende Zusatzeigenschaftsideen zu finden. Hierfür gilt es, die Analyse der Suchfelder zu systematisieren (vgl. Abschnitt 2.5.4).

Zur Identifikation von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen in der Ideenauswahl müssen geeignete Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien verwendet werden. Die zu entwickelnde Systematik soll diese zur Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen vorschlagen. Für eine effektive und effiziente Ideenauswahl soll eine mehrstufige Bewertung unterstützt werden (vgl. Abschnitt 2.5.5).

Ein vielversprechendes Referenzmodell ist das Systemmodell, da es umfangreiche Informationen über eine Vorgängergeneration umfasst. Das Systemmodell im Systems Engineering wird in den nächsten Abschnitten diskutiert.

2.6 Systems Engineering in der Entwicklung

Im Produktentstehungsprozess nach GAUSEMEIER folgt der Produktfindung in der strategischen Produktplanung, die Konzipierung in der Produktentwicklung (vgl. Abschnitt 2.4). Ein Ansatz zur ganzheitlichen Entwicklung von Systemen ist das Systems Engineering. In der Literatur bestehen vielfältige Definitionen, Methoden und Vorgehensmodelle des Systems Engineering [SR09], [KSS+11], [HWF+12], [VB16]. Diese werden durch verschiedene Organisationen³¹ in eigenen Standards, Normen und Richtlinien vorangetrieben. Eine allgemeingültige Definition des Kerngedankens von Systems Engineering liefert HITCHINS:

“Systems Engineering is the art and science of creating whole solutions to complex problems” [Hit07, S. 91].

Der Ursprung des Systems Engineerings (SE) liegt in der allgemeinen Systemtheorie (vgl. Abschnitt 2.1.6) [Ber72]. Industriell angewandt wurde SE erstmals von den BELL TELEPHONE LABORATORIES in den 1940er-Jahren. Den Durchbruch schaffte der Ansatz erst Ende der 1950er-Jahre im Luft- und Raumfahrtprogramm der USA, u. a. in den Apollo-Missionen der NASA. Aufgrund des großen Potentials für die Entwicklung komplexer Systeme hat sich der Ansatz auch außerhalb der klassischen Anwendungsfelder in anderen Branchen etabliert (z. B. Automobilindustrie) [GDS+13, S. 48ff.]. SE zeichnet sich als geeigneter Lösungsansatz ab, um die zunehmende Komplexität von technischen Systemen und deren Entwicklung zu beherrschen [GDS+13, S. 48ff.]. Es ist ein durchgängiger, fachdisziplinübergreifender Ansatz zur multidisziplinären Entwicklung komplexer Systeme. Dabei stellt SE das zu entwickelnde System in den Mittelpunkt und zieht die Gesamtheit der Aktivitäten eines Projekts ins Kalkül [GDS+13, S. 20].

³¹ Beispielsweise „Systems Engineering Handbook“ der NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA) [NASA/SP-6105]. Einen Überblick über die Standards und Normen bietet [Arm05].

Vor diesem Hintergrund wird in den nächsten Abschnitten das Systems Engineering diskutiert. Zunächst wird in Abschnitt 2.6.1 ein **allgemeiner Systems-Engineering-Ansatz** nach HABERFELLNER ET AL. diskutiert. Ein Ansatz, der bewährte Vorgehensweisen des Systems Engineering mit Modellierungstechniken verbindet, ist das **Model-Based Systems Engineering** (MBSE). Der MBSE-Ansatz wird in Abschnitt 2.6.2 vorgestellt. Abschließend wird in Abschnitt 2.6.3 die Bedeutung von **Sichten im MBSE** erläutert.

2.6.1 Systems-Engineering-Konzept

Das Systems-Engineering-Konzept nach HABERFELLNER ET AL. ist eine Methodik zur Bearbeitung von Problemen. Als Problem wird die Differenz zwischen dem, was vorhanden ist (Ist), und der Vorstellung, was erstellt werden soll (Soll), verstanden [HWF+12, S. 27]. SE ist dabei eine *methodische Komponente bei der Problemlösung* [HWF+12, S. 27]. HABERFELLNER ET AL. betonen, dass die Methodik allein weder Probleme löst noch eine dominante Rolle spielen darf. Sie strukturieren Systems Engineering in die Bereiche **SE-Philosophie** und den **Problemlösungsprozess**, die in Bild 2-18 dargestellt werden [HWF+12, S. 28ff.].

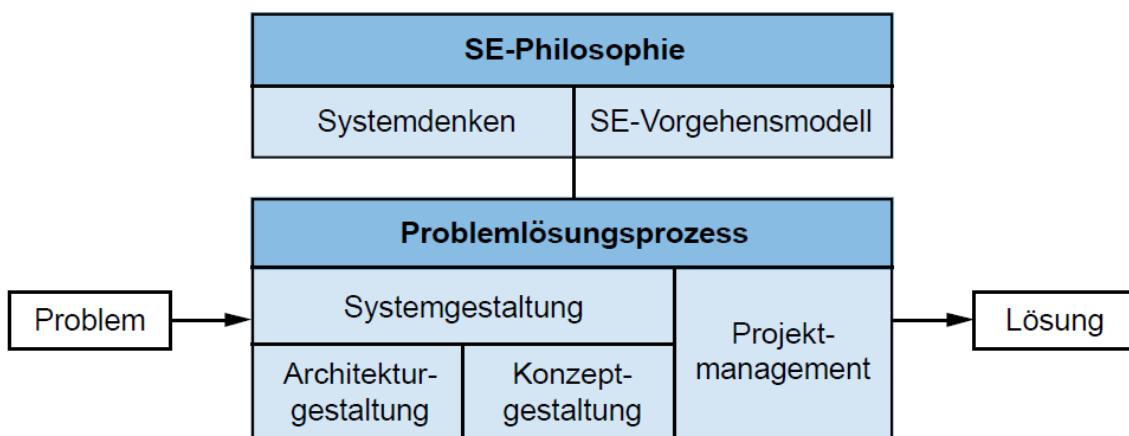


Bild 2-18: Konzept des Systems Engineering nach HABERFELLNER ET AL. (angelehnt an [HWF+12, S. 28], [Pat82, S. 17])

Den Kern des Systems Engineerings bildet die **SE-Philosophie**, die das Systemdenken und das Vorgehensmodell umfasst. Das Systemdenken ist eine spezielle Denkweise, um komplexe Situationen, Sachverhalte und letztlich Systeme verstehen, strukturieren und gestalten zu können. Im Vordergrund steht die ganzheitliche Betrachtung von Systemen. Vor dem Hintergrund einer spezifischen Problemstellung oder Situation wird das System analysiert und notwendige Zusammenhänge werden aufgedeckt. Das Vorgehensmodell stellt eine Art Leitfaden dar, der die gesamte Entwicklung in überschaubare Teilprozesse gliedert. Dabei liegen dem SE-Vorgehensmodell vier Grundgedanken zugrunde: vom Groben zum Detail, Denken in Varianten, Phasenablauf und Problemlösungszyklus. Der

Gedanke vom *Groben zum Detail* verfolgt das Ziel, ausgehend vom Ganzen den Detailierungsgrad zu erhöhen, Lösungen zu finden und diese abschließend zu einer Gesamtlösung zusammenzufügen. Das *Denken in Varianten* bedeutet, sich nicht mit der erstbesten Lösungsidee zufriedenzugeben, sondern sich einen Überblick über verschiedene Lösungsvarianten zu verschaffen. Der Gedanke des *Phasenablaufs* gliedert die Systementwicklung in zeitlicher und logischer Reihenfolge. Einen Leitfaden zur Unterstützung der Lösung von Problemen liefert der *Problemlösungszyklus*. Ein Beispiel für einen solchen Leitfaden ist das V-Modell der VDI-Richtlinie 2206 [HWF+12, S. 57ff.].

Der **Problemlösungsprozess** ist der zweite Bestandteil des SE-Konzepts; dieser gliedert sich in die Bereiche *Systemgestaltung* und *Projektmanagement*. Die *Systemgestaltung* umfasst die Architektur- und Konzeptgestaltung. Wesentliche Aufgabe ist die Gestaltung der Systemarchitektur. Nach ULRICH und HABERFELLNER ET AL. beschreibt die Systemarchitektur die Anordnung und die Beziehungen zwischen den Elementen sowie die *Zuordnung von Funktionen zu Elementen einer Struktur* [Ulr95, S. 2], [HWF+12, S. 183]. Der Begriff Wirkstruktur wird häufig synonym für den Begriff Systemarchitektur verwendet [FG13, S. 249]. Die Konzeptgestaltung baut auf der Systemarchitektur auf und konkretisiert Subsysteme und Komponenten. Das *Projektmanagement* adressiert schließlich organisatorische Aspekte unter Berücksichtigung der gegebenen Ressourcen sowie Zeit, Kosten- und Qualitätsrestriktionen [GDS+13, S. 21].

Fazit: Dass Unternehmen in der Entwicklung einen Systems-Engineering-Ansatz verfolgen, wird in dieser Arbeit als gegeben aufgefasst. Viele Unternehmen setzen auf einen modellbasierten Systems-Engineering-Ansatz; dieser wird als Model-Based Systems Engineering bezeichnet. Dieser Ansatz wird in dieser Arbeit fokussiert und aus diesem Grund nachfolgend diskutiert.

2.6.2 Model-Based Systems Engineering

In der Produktentstehung ist die Nutzung von Modellen weit verbreitet (vgl. Abschnitt 2.1.7) [Win11, S. 4]; dabei sind Ziel und Zweck der **Modellbildung** sehr vielfältig [Lin09, S. 11]. Der Ansatz des Model-Based Systems Engineering (MBSE) stellt das sog. **Systemmodell** in den Mittelpunkt der Entwicklung. Nach TSCHIRNER steht das Systemmodell zwar im Mittelpunkt des MBSE, wird in der Literatur aber nicht eindeutig definiert [Tsc16, S. 30]. Eine Definition liefert FRIEDENTHAL:

“The system model is generally created using a modeling tool and contained in a model repository. The system model includes system specification, design, analysis, and verification information” [FMS11].

Das Systemmodell beschreibt das System fachdisziplinübergreifend und dient als Verständigungsmittel zwischen den Entwicklern verschiedener Disziplinen (z. B. Mechanik, Elektrik/Elektronik und Softwaretechnik) [GDS+13, S. 36], [IKD+13, S. 337f.], [Kai14,

S. 24ff.]. Immer häufiger wird das Systemmodell auch zur Verständigung mit dem Management, dem Vertrieb und dem Kunden genutzt [GDS+13, S. 36]. Dabei schließt MBSE andere fachspezifische Modelle des Systems nicht aus, sondern bindet diese über Schnittstellen mit ein [GDS+13, S. 36].

Ein Systemmodell enthält sämtliche Informationen, die notwendig sind, um ein technisches System, wie bspw. ein intelligentes technisches System, ganzheitlich zu beschreiben. Dabei werden mittels Abstraktion nur die für einen bestimmten Zweck relevanten Attribute berücksichtigt [Wei14, S. 22]. Drei Aspekte sind nach ALT wesentlich: **Anforderungen, Systemarchitektur** und **Verhalten** [Alt12, S. 9]. Im Systemmodell entsteht je Aspekt ein Teilmodell, das auch als Partialmodell bezeichnet wird. Die unterschiedlichen Aspekte beschreiben dabei stets dasselbe System [Kai13].

Anforderungen sind geforderte Eigenschaften eines Systems. Sie stellen die Basis für die Bewertung von Lösungskonzepten dar [PL11, S. 35]. Es gibt unterschiedliche Ansätze zur Klassifikation von Anforderungen³². So können bspw. Wunsch-/Festforderungen und funktionale/nicht-funktionale Anforderungen unterschieden werden [Alt12, S. 10f.], [FG13, S. 334ff.]. Wünsche können erfüllt werden, müssen es aber nicht. Festforderungen hingegen müssen erfüllt werden. Funktionale Anforderungen beschreiben das Systemverhalten, nicht-funktionale Anforderungen definieren hingegen Qualitätsansprüche z. B. bezüglich Zuverlässigkeit, Effizienz oder Benutzbarkeit [ISO25010]. Ebenso können Anforderungen nach dem Einfluss auf die Kundenzufriedenheit in Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderung klassifiziert werden [KST+84, S. 147ff.] (vgl. Abschnitt 2.2.3). Im Rahmen der Produktentstehung müssen Kundenanforderungen immer wieder in Frage gestellt werden. Es gilt, die eigentlichen Kundenbedürfnisse zu identifizieren [Wei14, S. 43].

Neben den Anforderungen umfasst das Systemmodell die **Systemarchitektur**. Diese beschreibt die Struktur eines Systems in Form von Funktionen, Systemelementen und deren Beziehungen untereinander [Ulr95, S. 2], [HWF+12, S. 183]. Systemelemente sind Softwarekomponenten oder physische Komponenten. Einzelne Systemelemente lassen sich zu Modulen und Baugruppen aggregieren. Das Systemmodell kann durch die Beschreibung des zeitlichen **Verhaltens** erweitert werden. Dabei beinhaltet das Verhalten insbesondere die zeitlichen Zusammenhänge im Informationsaustausch zwischen einzelnen Systemelementen [Alt12, S. 14ff.].

Zur rechnergestützten Systemmodellierung sind drei Bausteine erforderlich: eine **Modellierungssprache** (z. B. SysML [Wei08], CONSENS [GLL12]), eine **Methode**³³ (z. B. SYSMOD [Wei08], CONSENS [GLL12]) und eine **Werkzeugunterstützung** [FMS11,

³² Einen Überblick über Ansätze zur Klassifikation von Anforderungen liefern z. B. [Bau17, S. 437ff.], [Ehr17], [FG13].

³³ Ausgewählte Modellierungssprachen und Methoden werden im Stand der Technik genauer untersucht (vgl. Abschnitt 3.1.1).

S. 16ff.], [IKD+13, S. 339], [Kai14, S. 26] (siehe Bild 2-19). Erst eine abgestimmte Kombination dieser Bausteine ermöglicht einen effizienten Einsatz der Systemmodellierung.

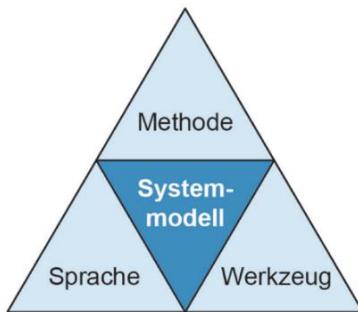


Bild 2-19: Bausteine zur Systemmodellierung (angelehnt an [FMS11], [Kai13, S. 26])

Modellierungssprachen werden durch eine bestimmte Syntax und Semantik definiert. Zur Darstellung von Systemmodellen werden überwiegend grafische Modellierungssprachen verwendet. Diese bieten dem Anwender durch eine effektive und effiziente Bearbeitung, Wahrnehmung und Pflege der Modelle Vorteile [Kai14, S. 35], [SFP+09]. Graphische Modellierungssprachen benutzen in der Regel Diagramme und Symbole (z. B. Sechsecke, Rechtecke und Pfeile) zur Darstellung. Ein wichtiges Symbol ist die **Assoziationsbeziehung**³⁴; diese verknüpft verschiedene Elemente (z. B. Anforderungen, Systemelemente und Funktionen). Assoziationsbeziehungen können weiter in Flussbeziehungen und logische Beziehungen klassifiziert werden. Flussbeziehungen werden zur Spezifikation von Assoziationsbeziehungen im Sinne einer Eingangs-Ausgangs-Beschreibung verwendet [GEK01, S. 311ff.], [Kal98, S. 88ff.]. Diese Flussbeziehungen werden bspw. genutzt, um Systemstrukturen zu erstellen. Logische Beziehungen stellen hingegen Abhängigkeitsverhältnisse dar [Fra06, S. 86f.], [GEK01, S. 311ff.]. Logische Beziehungen werden bspw. zur Verknüpfung von Partialmodellen verwendet. Dies erlaubt u. a. die Verknüpfung von Anforderungen mit Systemelementen. Die so verknüpften Partialmodelle bilden ein **Systemmodell** [Kai13, S. 9]. Diese logischen Beziehungen werden in der Literatur häufig auch als Tracelinks bezeichnet. Diese ermöglichen die Navigation durch ein Systemmodell und erlauben eine Rückverfolgbarkeit von Informationen [PDK+11]. Neben Assoziationsbeziehungen werden **Aggregationsbeziehungen** verwendet. Jedes Element eines Systems kann wiederum als System aufgefasst werden, das in Subsysteme bzw. Elemente untergliedert werden kann. Es entsteht eine hierarchische Gliederung von Elementen [HWF+12, S. 36]. Zur Verknüpfung dieser Elemente werden Aggregationsbeziehungen verwendet [GEK01, S. 311f.]. Bild 2-20 zeigt die unterschiedlichen Beziehungs- typen.

³⁴ Assoziationsbeziehungen bezeichnen die Verknüpfung zweier Elemente (z. B. Anforderungen, Systemelemente, Funktionen) und sind Teil der Modellierungssprache. Sie dienen u. a. der Rückverfolgbarkeit von Informationen [PDK+11].

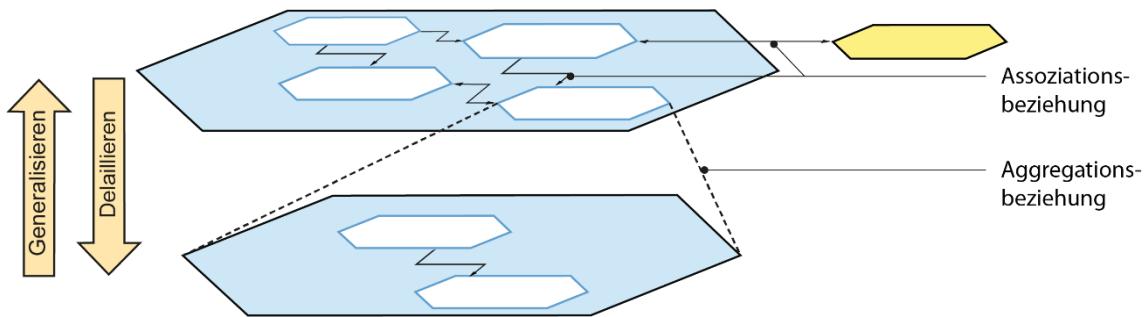


Bild 2-20: Schematische Darstellung von Assoziations- und Aggregationsbeziehungen (angelehnt an [Fra06, S. 86f.], [GEK01, S. 311ff.], [Ech16, S. 105])

Die konkrete Anwendung der Sprache wird durch eine **Methode** festgelegt. Diese legt fest, was in welcher Reihenfolge spezifiziert wird. Dabei wird das Systemmodell in sog. **Partialmodellen** erstellt, die verschiedene Aspekte des Systems fokussieren [Kai13, S. 9]. Für die rechnergestützte Erstellung der Modelle ist ein **Werkzeug** erforderlich [Est08, S. 2ff.], [Kai14, S. 26], [RFB12, S. 101ff.].

Fazit: Steht in der Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung ein Systemmodell als Referenzmodell zur Verfügung, kann auf umfangreiche Informationen über Anforderungen, Systemarchitektur und Verhalten zurückgegriffen werden. Die systematische Nutzung von umfangreichen, bestehenden Systemmodellen in der modellgestützten Produktfindung erscheint vielversprechend. Diese Arbeit adressiert Systemmodelle im Sinne des Model-Based Systems Engineerings und ist auf diese Referenzmodelle begrenzt. Es wird von einem verfügbaren und über den Produktlebenszyklus gepflegten Systemmodell einer Vorgängergeneration ausgegangen.

Ein Erfolgsfaktor des MBSE sind Sichten. Diese werden im nächsten Abschnitt diskutiert.

2.6.3 Sichten im MBSE

Die Verwendung von Werkzeugen ermöglicht die formalisierte Erzeugung, Speicherung und Nutzung von **Sichten** auf Systemmodelle. Eine Sicht ist eine Projektion eines Modells, die es von einer bestimmten Perspektive bzw. **Standpunkt** (engl. *viewpoint*) zeigt und für diese Perspektive nicht relevante Dinge weglässt [Alt12, S. 20]. Das Weglassen von Informationen wird als Abstraktion bezeichnet (vgl. Abschnitt 2.1.6). In der Konstruktionstechnik ist das Sichten-Prinzip aus der Erstellung von technischen Zeichnungen bekannt. Hierbei werden verschiedene Sichten auf das gleiche Modell erzeugt. Dabei enthält die jeweilige Sicht nur die für ein bestimmtes Anliegen relevanten Informationen. Das Bild 2-21 zeigt verschiedene Sichten auf ein Planetengetriebe.

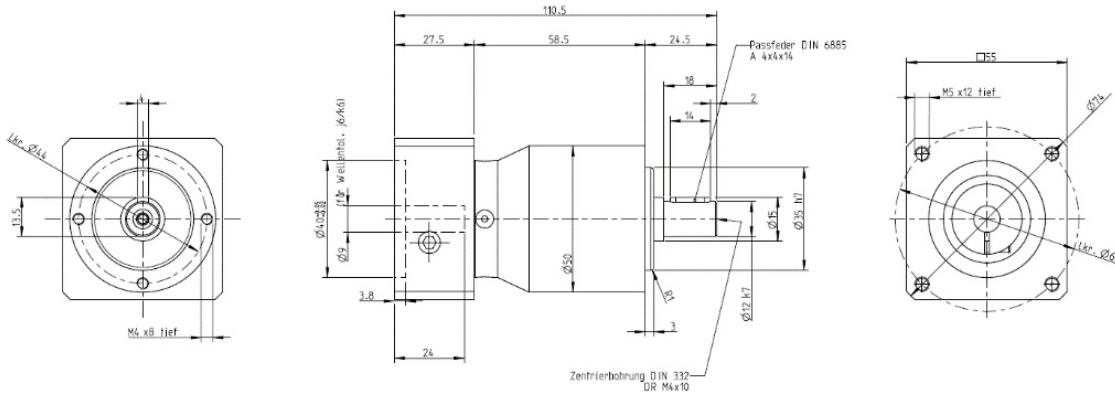


Bild 2-21: Technische Zeichnung eines zweistufigen Planetengetriebes [KEB-ol18]

Häufig werden auch fachdisziplinspezifische Sichten (z. B. Qualitätsmanagement, Montage und Management) in Form von spezifischen technischen Zeichnungen erzeugt (z. B. Prüfsicht, Montagesicht und Funktionssicht). Diese Sichten enthalten nur solche Informationen, die die jeweilige Fachdisziplin mit ihrem spezifischen Anliegen benötigt.

Im MBSE werden Sichten mit Hilfe von Diagrammen erzeugt. Diese werden zur Modellierung und Analyse verwendet. In Diagrammen können spezifische Inhalte dargestellt und andere vernachlässigt werden. Dazu wird die Gesamtheit an verfügbaren Modellinformationen durch definierte Filter gefiltert und dadurch eine Sicht erzeugt. In den Sichten werden je nach Filter nur bestimmte Elemente und Beziehungen dargestellt [Neg06, S. 97f.]. Bild 2-22 zeigt den Zusammenhang von Modell und Sicht.

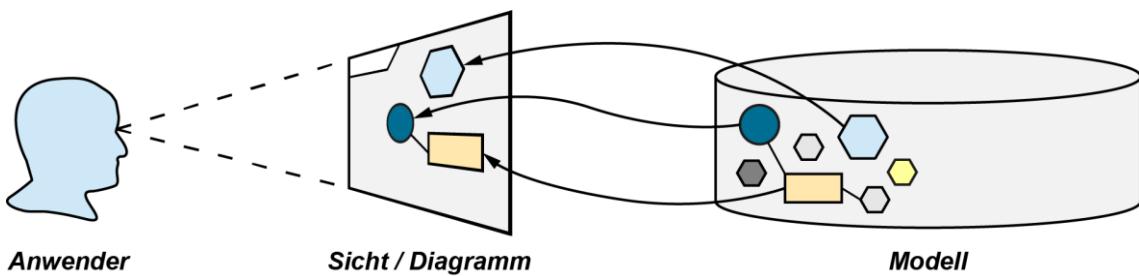


Bild 2-22: Trennung von Modell und Sicht nach ALT (angelehnt an [Alt12, S. 39])

Systemmodelle können sehr umfangreich und komplex werden [LSO06]. Dadurch sind Systemmodelle für einzelne Stakeholder häufig schwer überschaubar. Durch die Erzeugung von Sichten können für verschiedene Stakeholder verschiedene Informationen aus einem Systemmodell bereitgestellt und analysiert werden. Das ist sinnvoll, da die Stakeholder an verschiedenen Informationen im Systemmodell interessiert sind oder diese spezifizieren möchten. Dieses Interesse bzw. Anliegen wird in der Literatur häufig als *concern* bezeichnet [ISO42010]. Zur Erzeugung einer spezifischen Sicht muss zunächst geklärt werden, was eine Sicht aus einer bestimmten Perspektive umfassen soll. Dazu werden spezifische Perspektiven bzw. Standpunkte (engl.: *viewpoints*) definiert. Die Standpunkte spezifizieren: Stakeholder (z. B. Produktplaner), Anliegen (z. B. vereinfachte Systemmodell-Übersicht), Zweck (z. B. Darstellung der groben Zusammenhänge), Methoden

(z. B. CONSENS [GLL12]) und Sprache (z. B. CONSENS [GLL12]) [ISO42010], [Alt12, S. 61f.], [Tsc16, S. 38]. Aus dem Standpunkt kann dann eine spezifische Sicht auf ein Systemmodell erzeugt werden. Das Ergebnis ist eine Sicht, die genau die Informationen umfasst, die ein Stakeholder sehen möchte. Beispielsweise kann für einen Produktplaner eine etwas weniger detaillierte Sicht auf ein umfangreiches Systemmodell erzeugt werden.

Fazit: In der modellgestützten Produktfindung können bestehende Systemmodelle von Vorgängergenerationen zur Analyse des Suchfelds Vorgängergeneration genutzt werden. Diese Systemmodelle beinhalten wesentliche und verfügbare Informationen über eine Vorgängergeneration (z. B. Architektur, Schnittstellen und Anwendungsszenarien). So kann bspw. die bestehende Systemarchitektur der Vorgängergeneration analysiert werden, um Probleme oder Potentiale zu identifizieren. Problematisch ist, dass bestehende Systemmodelle in der Regel nicht für diesen Zweck erstellt wurden und häufig aufgrund des Umfangs nur schwer zu überblicken sind. Die Verwendung von Systemmodellen durch die Erzeugung spezifischer Sichten bietet große Potentiale für diverse Stakeholder (z. B. Manager, Produktplaner und Entwickler). Nach TSCHIRNER werden bestehende Systemmodelle und deren Informationen (z. B. durch spezifische Sichten, die über die Modellierung und Simulation hinausgehen) bisher nur selten genutzt [Tsc16, S. 38]. Damit bleiben wesentliche Potentiale des MBSE-Ansatzes unerschlossen. Die zu entwickelnde Systematik soll die Potentiale des MBSE für die modellgestützte Produktfindung in der Produktgenerationenplanung erschließen.

2.6.4 Fazit und Einordnung in diese Arbeit

Der Wandel von mechatronischen zu intelligenten technischen Systemen induziert vielfältige Herausforderungen für das produzierende Gewerbe. Diese äußern sich in der zunehmenden Komplexität der technischen Systeme sowie der Planung und Entwicklung. Die Entwicklung von mechatronischen Systemen beruht auf dem Zusammenwirken verschiedener Fachdisziplinen (z. B. Mechanik, Elektrotechnik und Informationstechnik). Zur Kommunikation und Beherrschung der Komplexität greifen immer mehr Unternehmen in der Entwicklung auf Ansätze des Systems Engineerings bzw. Model-Based Systems Engineerings (MBSE) zurück [GCW+13].

MBSE stellt ein disziplinübergreifendes Systemmodell in den Mittelpunkt der Entwicklung [GDS+13, S. 21]. Dieses Modell ermöglicht eine abstrakte und ganzheitliche Beschreibung von Systemen. Im Systemmodell sind die wesentlichen fachdisziplinübergreifenden Informationen über ein System disziplinunabhängig beschrieben. Zur Erstellung von Systemmodellen werden eine Modellierungssprache, eine Methode und ein Softwarewerkzeug benötigt. Das Systemmodell bildet die Basis für Kommunikation und Kooperation über den gesamten Produktentwicklungsprozess [GDS+13, S. 36]. Dabei ermöglicht MBSE die Erzeugung von Stakeholder-spezifischen Sichten (z. B. für Produktplaner). Der Systems-Engineering-Ansatz etabliert sich immer stärker im produzierenden

Gewerbe. Zunehmend liegen von Vorgängergenerationen nicht nur 3D-CAD-Modelle, sondern auch Systemmodelle als Entwicklungsaufzettel vor. Die Verwendung bestehender Systemmodelle bietet großes Potential für die modellgestützte Produktfindung in der Produktgenerationenplanung. Das Potential liegt insbesondere in der Nutzung der umfangreichen Informationen (z. B. Anwendungsszenarien, Architektur und Funktionen) über eine Vorgängergeneration zur Analyse der Ist-Situation und zur Identifikation von Problemen und Potentialen. Bisher werden bestehende Systemmodelle von Vorgängergeneration kaum in der Produktplanung bzw. Produktfindung verwendet³⁵. Gründe dafür sind u. a. die hohe Komplexität von Systemmodellen sowie der Mangel an geeigneten Methoden und Sichten für eine modellgestützte Produktfindung.

Es besteht Handlungsbedarf, um bestehende Systemmodelle für die modellgestützte Produktfindung in der Produktgenerationenplanung nutzbar zu machen. Die Erzeugung spezifischer Sichten durch die Verwendung geeigneter Methoden erscheint vielversprechend.

2.7 Problemabgrenzung

Aus der Problemanalyse geht hervor, dass Produkte des produzierenden Gewerbes zunehmend von **Commoditierung** betroffen sind [HSB09]. Um dieser entgegenzuwirken, müssen Unternehmen differenzierende Zusatzeigenschaftsideen für neue Produktgenerationen finden, die einen Nutzen schaffen und Kunden begeistern (vgl. Abschnitt 2.2.1). Vielfältige Nutzenpotentiale zur Schaffung neuer einzigartiger Zusatzeigenschaften ergeben sich aus dem **Wandel technischer Systeme** zu intelligenten technischen Systemen (ITS) (vgl. Abschnitt 2.3). Es gilt u. a., diese Nutzenpotentiale zur Differenzierung von Produktgenerationen zu erschließen. Hierzu müssen in der **Produktfindung** erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen gefunden und ausgewählt werden. Ausgangspunkt der Produktfindung sind definierte Suchfelder, die Denkräume abstecken, in denen Ideen gesucht werden [GDE+18]. Für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen in der Produktgenerationenplanung zeichnen sich insbesondere zwei aussichtsreiche Suchfelder ab: **Vorgängergeneration** und bestehende **Kunden**. In diesen Suchfeldern existieren umfangreiche Informationen über die technische Lösung der Vorgängergeneration und Wissen über Kunden. Deren Verwendung erscheint vielversprechend, um die Ist-Situation, Probleme und Potentiale der technischen Lösung zu verstehen sowie Bedürfnisse und Wünsche von Kunden nachzuvollziehen, um Zusatzeigenschaftsideen zu finden (vgl. Abschnitt 2.5). Aussichtsreiche Informationen im Suchfeld Vorgängergeneration enthalten **Systemmodelle**, die mit einem MBSE-Ansatz erstellt wurden. Ein Systemmodell beinhaltet sämtliche notwendigen Informationen zur ganzheitlichen und fachdisziplinüber-

³⁵ Die Verwendung von Systemmodellen in der Produktfindung ist nach TSCHIRNER ein Hauptanwendungsziel für MBSE [Tsc16, S. 102ff.]. Bestehende Ansätze adressieren überwiegend die Erstellung und Verwendung von neuen Systemmodellen in der Produktfindung.

greifenden Beschreibung eines technischen Systems (vgl. Abschnitt 2.6). Die zielgerichtete Nutzung der bestehenden, umfangreichen Systemmodelle bietet ein hohes Potential zur Unterstützung der Produktfindung in der Produktgenerationenplanung.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Nutzung von **bestehenden Systemmodellen** von Vorgängergenerationen und **Wissen** der Mitarbeiter **über Kunden** bei der Suche und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen für Produktgenerationen vielversprechend erscheint. Es besteht daher ein **Bedarf** für eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*. Dieser erstreckt sich über vier Handlungsfelder: Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung, referenzmodellgestützte Ideenfindung, kundenorientierte Ideenfindung und Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen. Die Handlungsfelder werden nachfolgend dargestellt:

Handlungsfeld 1: Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung

Ein Vorgehensmodell muss durch die Systematik leiten. Dieses sollte Aufgaben/Methoden und zu erwartende Resultate beschreiben. Das Vorgehensmodell muss die Methoden und Werkzeuge der modellgestützten Produktfindung sinnvoll verknüpfen und soll als Leitfaden zur integrierten Anwendung dienen. Der Fokus der zu entwickelnden Systematik liegt auf der Suche und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen in der Produktgenerationenplanung.

Handlungsfeld 2: Referenzmodellgestützte Ideenfindung

Die Erstellung und Pflege von Systemmodellen im Sinne des MBSE ist aufwendig, deshalb ist die Weiterverwendung grundsätzlich wünschenswert. In der Regel wurden bestehende Systemmodelle nicht für den Zweck der Ideenfindung in der Produktgenerationenplanung erstellt. Diese Referenzmodelle sind häufig umfangreich, schwer überschaubar [LSO06] und für Produktplaner kaum handhabbar. Die Verwendung in der Produktplanung wird bisher unzureichend methodisch unterstützt [Tsc16]. Deshalb bleiben wesentliche verfügbare Informationen über Vorgängergenerationen ungenutzt. Ein möglicher Ansatz zur besseren Handhabbarkeit von Systemmodellen ist die Erzeugung von spezifischen Sichten zur Vereinfachung und Strukturierung von Informationen. Die Erzeugung von spezifischen Sichten erscheint auch im Kontext des Wandels technischer Systeme vielversprechend, um Zusatzeigenschaftsideen zu finden, die auf eine stärkere Durchdringung von Systemen mit Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) basieren. Problematisch ist, dass die Erzeugung solcher Sichten zur Analyse der Ist-Situation und Suche von Zusatzeigenschaftsideen bisher nicht systematisch unterstützt wird. Die Systematik muss demzufolge geeignete Methoden liefern.

Handlungsfeld 3: Kundenorientierte Ideenfindung

Im produzierenden Gewerbe ist die Identifikation von Kundenaufgaben und -problemen herausfordernd, da häufig nicht direkt ersichtlich ist, für wen ein Nutzen geschaffen werden soll. So setzen sich Buying-Center aus verschiedenen Stakeholdern zusammen, die

an der Kaufentscheidung beteiligt sind. Etablierte Ansätze der kundenorientierten Ideenfindung adressieren allerdings überwiegend Benutzer (z.B. Maschinenbediener). Demzufolge bedarf es eines Ansatzes zur Identifikation von Stakeholdern in Buying-Centern sowie zur Analyse von Kundenaufgaben und Kundenproblemen. Dieser Ansatz soll die Herstellung eines umfassenden Problemverständnisses in interdisziplinären Workshops als Grundlage für die Suche von nutzenstiftenden Zusatzeigenschaftsideen fördern. Aufgrund bestehender Geschäftsbeziehungen stehen Kunden von Vorgängergenerationen und Mitarbeiter von Anbieterunternehmen häufig in einem direkten und engen Kontakt. Viele Mitarbeiter (z.B. Vertrieb, Projektmanager, Produktmanager, Geschäftsführer und Kundendienst) besitzen somit Informationen und Wissen über Kunden, das bisher unzureichend genutzt wird. Wesentliche Gründe sind eine unzureichende Beschreibung sowie eine nicht-verknüpfte Dokumentation von Kunden, Kundenaufgaben, Kundenproblemen und Zusatzeigenschaftsideen. Die Systematik soll eine geeignete Beschreibung und Dokumentation ermöglichen, um die Suche und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen zu unterstützen.

Handlungsfeld 4: Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen

Zusatzeigenschaftsideen müssen bereits in einer frühen Phase unter Unsicherheit ausgewählt werden. Um keine erfolgversprechenden Ideen zu verwerfen oder Ideen ohne Erfolgschance auszuwählen, muss eine geeignete Methode zur Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen in der Produktgenerationenplanung verwendet werden. Diese muss sachgemäße Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien für die Auswahl von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen umfassen. Zu beachten ist, dass Kriterien und Kriterienanzahl die Effektivität und Effizienz der Bewertung beeinflussen. Es ist eine effektive und effiziente Auswahl von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen zu ermöglichen. Der Bewertungsaufwand muss dabei in einem sinnvollen Verhältnis zum Nutzen stehen.

2.8 Anforderungen an die Systematik

Aus der Problemanalyse und den dargestellten Handlungsfeldern resultieren folgende Anforderungen an eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*:

Übergeordnete Anforderungen, insbesondere an ein Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung

A1) Integraler Bestandteil der Produktgenerationenplanung: Die Systematik soll in der strategischen Produktplanung von Produktgenerationen angewendet werden. Hierfür muss diese als integraler Bestandteil der Produktfindung in der Produktgenerationenplanung die Suche und Auswahl erfolgversprechender Zusatzeigenschaftsideen unterstützen.

A2) Anwendbarkeit: Die Systematik soll eine wirtschaftliche Anwendung und einfache Handhabung in der Praxis im produzierenden Gewerbe ermöglichen. Hierfür muss diese im produzierenden Gewerbe mit akzeptablem Aufwand anwendbar sein. Zur wirtschaftlichen Anwendung gilt es, die durchzuführenden Tätigkeiten verständlich zu beschreiben und sicherzustellen, dass sie mit vertretbarem Aufwand erlernbar und durchführbar sind.

Anforderungen an eine referenzmodellgestützte Ideenfindung

A3) Modellgestützte Systembeschreibung: Die Systematik soll auf bestehenden Modellierungssprachen im Sinne des Model-Based Systems Engineerings aufbauen. Hierfür muss ein geeigneter Ansatz zur Systembeschreibung verwendet werden, der die Spezifikation von Referenzprodukten und deren Umfeld im Sinne des Model-Based Systems Engineerings erlaubt. Das bedeutet insbesondere, dass eine interdisziplinäre Systembeschreibung ermöglicht wird, die zur Kommunikation und Kooperation verwendet werden kann. Der Systembeschreibungsansatz soll die Spezifikation von technischen Systemen und Geschäftsprozessen in einem Systemmodell erlauben.

A4) Nutzbarmachung von Systemmodellen: Die Systematik soll bestehende Systemmodelle für die Produktfindung in der Produktgenerationenplanung nutzbar machen. Dafür muss die Systematik die Erzeugung von Sichten auf ein bestehendes Systemmodell unterstützen. Die Sichten müssen die Analyse der Ist-Situationen eines Referenzprodukts ermöglichen. Es gilt, die Suche von Zusatzeigenschaftsideen aufbauend auf den Sichten geeignet zu unterstützen. Die Erstellung und Verwendung spezifischer Sichten muss durch Produktplaner handhabbar sein. Dazu müssen die Inhalte und die Erzeugung von Sichten ausführlich erläutert werden. Die Sichten sollen komplexe Sachverhalte von Referenzprodukten einfach darstellen, um die referenzmodellgestützte Ideenfindung zu unterstützen.

A5) Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme: Die Systematik soll die Erschließung von Nutzenpotentialen des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen ermöglichen. Die Analyse des Suchfelds Vorgängergeneration, insbesondere der Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften (vgl. Abschnitt 2.5.3) erscheint hierfür vielversprechend und soll demnach ermöglicht werden. Es gilt, die Analyse der Suchfelder zu systematisieren und die Suche von Zusatzeigenschaftsideen in den Suchfeldern jeweils durch eine spezifische Methode zu unterstützen.

Anforderungen an eine kundenorientierte Ideenfindung

A6) Berücksichtigung von Kundenaufgaben und Kundenproblemen: Die Systematik soll für eine kundenorientierte Ideenfindung die Analyse von Kundenbedürfnissen im produzierenden Gewerbe erlauben, um die Suche von Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Kundennutzen zu unterstützen. Hierfür muss die Identifikation von Kundenbedürfnissen in Form von Kundenaufgaben und Kundenproblemen in Workshops ermöglicht werden. Kunden werden im produzierenden Gewerbe in der Regel durch verschiedene

Stakeholder eines Buying-Centers repräsentiert (z. B. Geschäftsführer, Produktionsleiter und Einkäufer), für die ein Nutzen generiert werden kann. Die Systematik soll diese Stakeholder berücksichtigen und eine einseitige Fokussierung auf Benutzer (z. B. Maschinenbediener) vermeiden. Verfügbare Informationen (z. B. Kundensegmente) und Wissen der Mitarbeiter über Kunden (z. B. Kundenprobleme) sollen einbezogen werden. Zur Dokumentation von Kundenproblemen und Kundenaufgaben in Workshops sind geeignete Vorlagen anzubieten. Diese sollen die Herstellung eines Problemverständnisses für die anschließende Suche von Zusatzeigenschaftsideen unterstützen.

A7) Modellgestützte Kundenbeschreibung und Analyse: Die Systematik soll die Analyse der komplexen Zusammenhänge von Kunden, Kundenaufgaben, Kundenproblemen und Zusatzeigenschaftsideen in der Produktfindung ermöglichen. Hierfür bedarf es einer modellgestützten Beschreibung und Dokumentation von Kunden, Kundenaufgaben, Kundenproblemen und Zusatzeigenschaftsideen. Eine verständliche und nachvollziehbare Darstellung dieser Zusammenhänge soll die kundenorientierte Ideenfindung unterstützen, rechnergestützte Analysen vorbereiten und eine Wiederverwendung ermöglichen. Es gilt, eine geeignete Modellierungssprache zu verwenden, die sich in den Model-Based-Systems-Engineering-Ansatz integriert.

Anforderungen an die Entscheidungsunterstützung zur Auswahl von Ideen

A8) Bewertungskriterien für die pragmatische Bewertung von Ideen: Um die systematische Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen zu unterstützen, soll die Systematik geeignete Bewertungsdimensionen mit Bewertungskriterien zur Verfügung stellen. Diese sollen eine pragmatische Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen in einer frühen Phase bei hoher Unsicherheit ermöglichen. Um Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Kundennutzen zu identifizieren, ist sicherzustellen, dass die Bewertungsdimension Kundennutzen abgebildet wird. Zusätzliche Bewertungsdimensionen und -kriterien müssen auf Wunsch berücksichtigt werden können. Eine Gewichtung der Bewertungskriterien und -dimensionen ist vorzusehen.

A9) Plausibilität und Nachvollziehbarkeit der Bewertung: Die durch die Systematik unterstützte Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen muss zu eindeutigen, vergleichbaren und reproduzierbaren Bewertungsergebnissen führen. Hierfür sind das Vorgehen und die Berechnungsvorschriften allgemeinverständlich zu erläutern. Um den Bewertungsaufwand zu reduzieren, gilt es, einen mehrstufigen Bewertungsansatz zu unterstützen. Dieser soll eine nachvollziehbare und plausible Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen über mehrere Stufen ermöglichen.

3 Stand der Technik

In diesem Kapitel werden Methoden, Sprachen und Ansätze aus dem Stand der Technik diskutiert und vor dem Hintergrund der Anforderungen aus Abschnitt 2.8 analysiert. In Abschnitt 3.1 werden zunächst **Sprachen und Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung** vorgestellt. Der Abschnitt 3.2 liefert **Ansätze zur kundenorientierten Ideenfindung**. **Ansätze zur Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen** werden in Abschnitt 3.3 diskutiert. Der Abschnitt 3.4 umfasst die **Bewertung der Ansätze** anhand der aufgestellten Anforderungen. Aus diesem Abgleich resultiert der Handlungsbedarf für diese Arbeit.

3.1 Referenzmodellgestützte Ideenfindung

Systemmodelle von Referenzprodukten bieten wesentliche Potentiale für die Produktfindung in der Produktgenerationenplanung (vgl. Abschnitt 2.5 u. 2.6). Diese Modelle enthalten umfangreiche Informationen über die bestehende Situation bzw. Lösung (z. B. Schnittstellen zum Umfeld). Die Informationen können bspw. im Rahmen einer Situationsanalyse zum besseren Verständnis des Aufbaus und der Wirkungsweise eines Referenzprodukts beitragen, die durch Elemente und Beziehungen graphisch dargestellt werden. Vor diesem Hintergrund bedarf es einer geeigneten Modellierungssprache, die alle relevanten Aspekte eines technischen Systems in seinem Umfeld fachdisziplinübergreifend beschreibt, sowie geeigneter Methoden zur Verwendung von Systemmodellen.

Zunächst werden in Abschnitt 3.1.1 **Modellierungssprachen** analysiert, die eine disziplinübergreifende Beschreibung von technischen Systemen und Prozessen ermöglichen. Anschließend wird in Abschnitt 3.1.2 eine Auswahl an **Methoden** und Ansätzen untersucht, die bestehende Systemmodelle von Referenzprodukten in der Ideenfindung nutzen.

3.1.1 Sprachen für die referenzmodellgestützte Ideenfindung

Im Systems Engineering können verschiedene Sprachen zur Modellierung von Systemmodellen eingesetzt werden. Diese fokussieren unterschiedliche Anwendungsfälle und stellen verschiedene Konstrukte sowie Informationen bereit. Im Folgenden wird untersucht, welchen Beitrag die verschiedenen Sprachen zur referenzmodellgestützten Ideenfindung leisten können. Hierfür werden zwei Ansätze zur Modellierung technischer Systeme analysiert: Systems Modeling Language (SysML) (siehe Abschnitt 3.1.1.1) und CONceptual design Specification technique for the ENgineering of complex Systems (CONSENS) (siehe Abschnitt 3.1.1.2). Um auch Geschäftsprozesse im Systemmodell berücksichtigen zu können, werden zwei Ansätze zur Modellierung von Geschäftsprozessen untersucht: die Business Process Model and Notation (BPMN) (siehe Abschnitt 3.1.1.3) und die Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA) (siehe Abschnitt 3.1.1.4).

3.1.1.1 SysML

Die Systems Modeling Language (SysML) ist eine semiformale, graphische Modellierungssprache für das Systems Engineering [Alt12, S. 29ff.]. Entwickelt wurde diese von der OMG¹ und der INCOSE² mit dem Ziel, eine standardisierte Sprache für die Modellierung, Analyse und Verifikation technischer Systeme bereitzustellen. Die SysML basiert auf der UML 2³ und wurde erstmals im Jahr 2007 veröffentlicht. Aktueller Stand ist seit 2017 die Version 1.5. Mit der SysML lassen sich Strukturen, Verhalten und Anforderungen eines Systems formal beschreiben und miteinander in Beziehung setzen. Die Modellierungssprache ist methodenunabhängig und kann für unterschiedliche Modellierungszwecke angepasst werden [OMG17, S. 1], [Wei08, S. 157f.], [Alt12, S. 29f.]. Es werden Struktur- und Verhaltensdiagramme sowie ein Anforderungsdiagramm unterschieden. Insgesamt werden neun Diagrammtypen bereitgestellt, die nachfolgend näher erläutert werden (siehe Bild 3-1) [Wei08, S. 160].

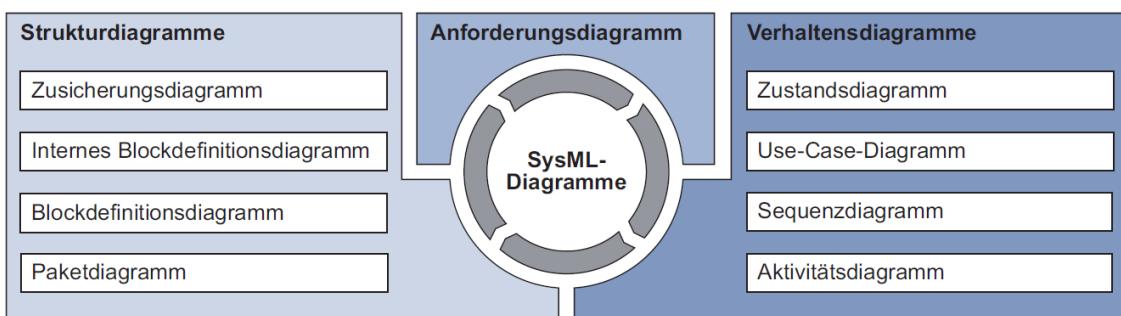


Bild 3-1: Diagramme der SysML [Wei08, S. 160]

Strukturdiagramme: Zur Beschreibung statischer Aspekte eines Systems werden Strukturdiagramme verwendet. Diese werden typischerweise zur Modellierung der Systemarchitektur eingesetzt [Alt12, S. 40]. Mittels Blöcken werden physikalische und logische Einheiten eines Systems beschrieben (z. B. Hardware, Software und Funktionsblöcke). Das Blockdefinitionsdiagramm wird für die Darstellung der Beziehungen zwischen den Blöcken verwendet. Im internen Blockdefinitionsdiagramm erfolgt die Beschreibung der Beziehungen zwischen Elementen innerhalb eines Blocks. Hierfür werden Ports, Konnektoren und Flüsse verwendet. Das Zusicherungsdiagramm erlaubt die Definition von parametrischen Beziehungen zwischen Eigenschaften verschiedener Blöcke [Wei14,

¹ Die Object Management Group (OMG) ist ein internationales Konsortium zur Standardisierung objektorientierter und modellbasierter Systementwicklung [OMG17, S. xxi].

² Das International Council on Systems Engineering (INCOSE) ist eine internationale Organisation zur Förderung von Wissenschaft und Bildung im Bereich des Systems Engineering in Industrie, Forschung und Lehre.

³ Unified Modeling Language (UML) ist eine objektorientierte, graphische Sprache, die im Rahmen der Softwareentwicklung Anwendung findet. Die UML wird von der OMG entwickelt und ist aktuell in der Version 2.4.1 standardisiert [ISO19505-1], [ISO19505-2].

S. 312ff.]. Das Paketdiagramm ermöglicht die Sortierung und Strukturierung von Modellelementen in Paketen [Alt12, S. 41].

Anforderungsdiagramm: Das Anforderungsdiagramm dient der Beschreibung von funktionalen und nicht funktionalen Anforderungen sowie deren Beziehung zu anderen Modellelementen. Grundsätzlich werden folgende Arten von Beziehungen unterschieden: Ableitungs-, Enthält-, Erfüllungs-, Kopie-, Prüf-, Verfeinerungs- und Verfolgsbeziehungen. Die Darstellung erfolgt mittels Graphiken und Tabellen [Wei14, S. 312ff.].

Verhaltensdiagramme: Zur Modellierung des Systemverhaltens bietet die SysML vier Typen von Verhaltensdiagrammen an: Das Zustandsdiagramm dient der Modellierung von Zuständen und möglichen Zustandsübergängen [Wei08, S. 272]. Die Interaktionen des Benutzers und/oder externer Systeme mit dem System werden im Use-Case-Diagramm dargestellt. Im Sequenzdiagramm werden Interaktionen zwischen Systemelementen im zeitlichen Verlauf spezifiziert. Im Aktivitätsdiagramm werden die Systemabläufe sowie Ein- und Ausgabedaten dargestellt [Alt12, S. 53f.].

Da die SysML kein Vorgehensmodell vorgibt [Alt12, S. XI], bestehen unterschiedliche Vorgehensmodelle. Beispielhaft genannt seien Harmony SE [Hof08], OOSEM (Object Oriented Systems Engineering Method) der INCOSE [PH12] und SYSMOD (Systems Modeling Toolbox) nach WEILKIENS [Wei14, S. 37ff.].

Bewertung: Die SysML ist eine standardisierte Modellierungssprache zur Beschreibung technischer Systeme. Hierfür werden neun Diagrammtypen zur Verfügung gestellt. Dabei ist die SysML methodenunabhängig und leicht erweiterbar. Dies führt zu vielfältigen unternehmens- oder anwendungsfallspezifischen Erweiterungen. Die SysML sieht keinen Diagrammtyp zur Modellierung von Geschäftsprozessen vor. Grundsätzlich können Sichten erzeugt werden. Die Verwendung von SysML-Konstrukten ist in der Modellierungssprache nur grob definiert, was den Einsatz und die Auswahl einer Methode notwendig macht. Die Anwendung der Modellierungssprache ist nicht immer eindeutig und intuitiv. Die Methoden zur Verwendung der SysML unterscheiden sich wesentlich voneinander. Die Vielzahl an Konstrukten erschwert die Einarbeitung für Anwender in der Produktgenerationenplanung. Die leichte Anwendbarkeit ist daher nur in Teilen gegeben.

3.1.1.2 CONSENS

Die Spezifikationstechnik CONSENS (CONceptual design Specification technique for the ENgineering of complex Systems) wurde am Heinz Nixdorf Institut im Sonderforschungsbereich 614⁴ *Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus* entwickelt und baut auf den Arbeiten von KALLMEYER, FRANK und GAUSEMEIER ET AL. auf [Kal98], [Fra06],

⁴ Der SFB 614 „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert [SFB614-ol].

[GEK01], [GLL12, S. 94]. CONSENS dient der ganzheitlichen und disziplinübergreifenden Beschreibung mechatronischer Systeme in Systemmodellen. Dafür umfasst diese Spezifikationstechnik eine semiformale, graphische Modellierungssprache und eine Methode, die eine Vorgehensweise beschreibt. CONSENS wird in der Regel im Rahmen des Systementwurfs eingesetzt. Die Modellierungssprache umfasst die Aspekte Umfeld, Anwendungsszenarien, Anforderungen, Funktionen, Wirkstruktur, Verhalten und Gestalt (siehe Bild 3-2) [GTS14, S. 37ff.]. Diese Aspekte werden rechnergestützt durch Partialmodelle repräsentiert. Im Folgenden werden die Partialmodelle näher erläutert:

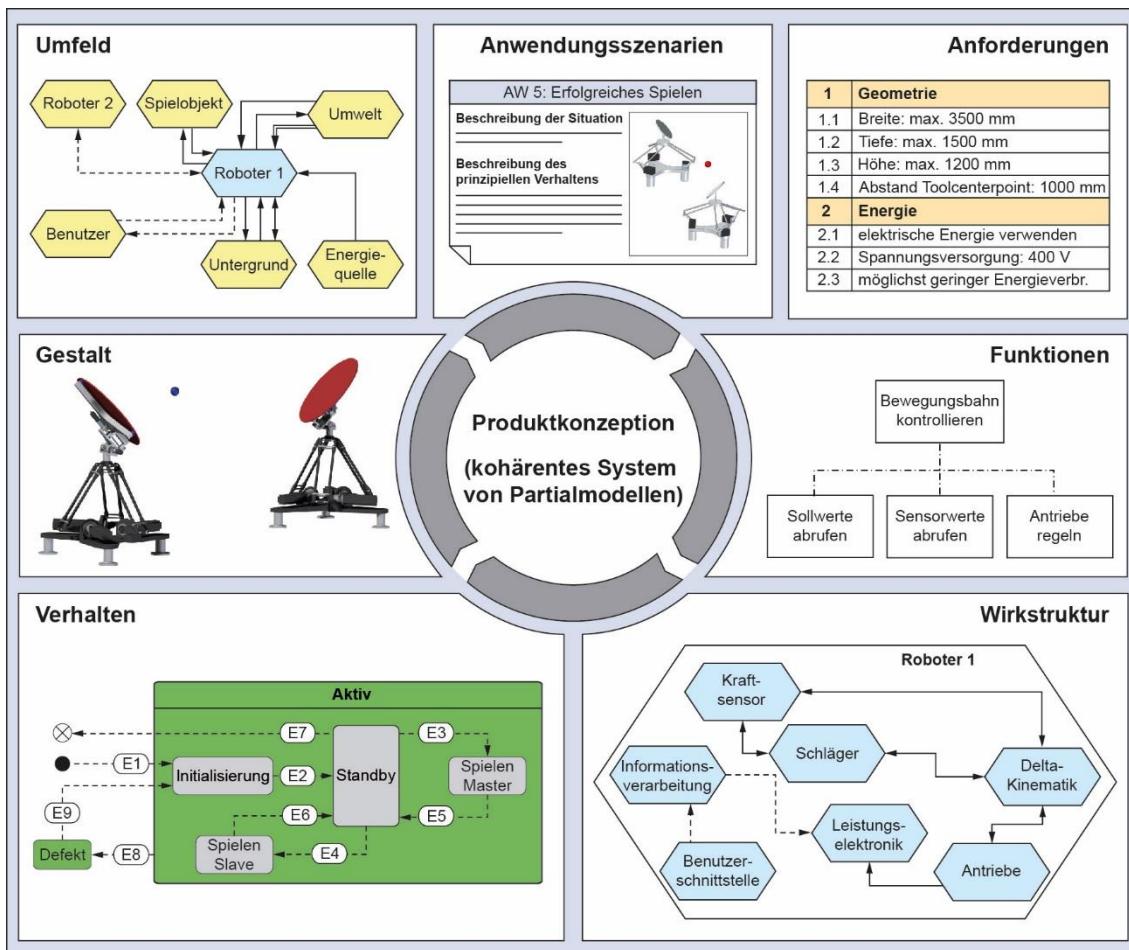


Bild 3-2: Partialmodelle der Spezifikationstechnik CONSENS [GTS14, S. 38]

Umfeld: Dieses Partialmodell beschreibt das Umfeld und dessen Beziehungen mit dem System. Das System wird hierbei als Black Box in seinem Umfeld abgebildet. Modelliert werden alle Systemelemente des Umfeldes (z. B. Benutzer oder Energiequelle) und dessen Wechselwirkungen mit dem System [GLL12, S. 92], [GTS14, S. 38].

Anwendungsszenarien: Diese beschreiben das Verhalten eines Systems in einer bestimmten Situation. Mithilfe von Steckbriefen werden Betriebssituationen beschrieben, für die das System auszulegen ist. In diesem Zusammenhang wird spezifiziert, wie sich das System in der jeweiligen Situation verhalten soll [GLL12, S. 91], [GTS14, S. 38].

Anforderungen: Die Anforderungen an ein System werden in einer Anforderungsliste dokumentiert. Jede Anforderung wird textuell beschrieben. Quantifizierbare Anforderungen werden durch Attribute und deren Ausprägungen konkretisiert [GLL12, S. 94].

Funktionen: Eine Funktion beschreibt den Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen, die der Erfüllung einer bestimmten Aufgabe dienen [FG13, S. 242]. Dieses Partialmodell enthält eine hierarchische Aufgliederung der Funktionalität eines Systems [GLL12, S. 94], [GTS14, S. 38]. Im Zuge der hierarchischen Aufgliederung werden übergeordnete Funktionen so lange in Subfunktionen unterteilt, bis diesen Systemelemente zugeordnet werden können.

Wirkstruktur: Die Wirkstruktur dient zur Darstellung des Aufbaus und der prinzipiellen Wirkungsweise eines Systems. Hierfür werden die Systemelemente und deren Beziehungen zueinander spezifiziert. Systemelemente repräsentieren Systeme, Module, Bauteile oder Softwarekomponenten. Zur Beschreibung der Beziehungen zwischen den Systemelementen dienen Stoff-, Energie-, Informations- und logische Beziehungen [GTS14, S. 39].

Gestalt: Dieses Partialmodell beinhaltet Angaben über Anzahl, Form, Lage sowie Anordnung und Art der Wirkflächen eines Systems. Die rechnergestützte Modellierung erfolgt in der Regel mittels 3D-CAD-Systemen [GTS14, S. 39].

Verhalten: Das Partialmodell Verhalten umfasst Aktivitäten und Zustände. Zustände bilden Systemzustände und Zustandsübergänge ab. Die zugehörigen Ablaufprozesse werden durch Aktivitäten spezifiziert. Die Verhaltensbeschreibung kann sowohl für ein Gesamtsystem als auch für einzelne Systemelemente vorgenommen werden [GTS14, S. 88].

Die verschiedenen Partialmodelle stehen zueinander in Beziehungen. Diese Beziehungen werden zwischen den Konstrukten der jeweiligen Partialmodelle gebildet (z. B. Funktion und Systemelement). Durch die Beziehungen entsteht ein kohärentes System von Partialmodellen, das als Ausgangsbasis für den anschließenden fachdisziplinspezifischen Entwurf dient [GTS14, S. 39].

Bewertung: Die Spezifikationstechnik CONSENS dient einer ganzheitlichen Beschreibung komplexer mechatronischer Systeme mittels Systemmodellen im Sinne des Model-Based Systems Engineerings. Mit den Partialmodellen und Konstrukten bildet CONSENS die Bestandteile und Wechselwirkungen von technischen Systemen fachdisziplinunabhängig und transparent ab. Dabei ist CONSENS leicht erweiterbar. CONSENS sieht bisher kein Partialmodell zur Modellierung von Geschäftsprozessen vor. Geschäftsprozesse könnten aber als Verhalten abgebildet werden. Grundsätzlich können Sichten erzeugt werden. Der Einarbeitungsaufwand ist aufgrund der gut zu unterscheidenden Konstrukte vergleichsweise gering.

3.1.1.3 BPMN

Die Business Process Model and Notation (BPMN) ist eine standardisierte, graphische Spezifikationssprache zur Modellierung von Geschäftsprozessen und Arbeitsabläufen (engl. Workflows). Sie wurde von Mitarbeitern der Firma IBM entwickelt und 2004 durch die Business Process Management Initiative (BPMI) veröffentlicht. Seit 2005 ist die Object Management Group (OMG) für die Entwicklung und Pflege der BPMN zuständig. Die aktuelle Version BPMN 2.0 wurde 2011 von der OMG verabschiedet [OMG11]. Die BPMN 2.0.1 ist seit 2013 in der ISO 19510 standardisiert [ISO/IEC19510:2013]. Der Schwerpunkt der BPMN liegt auf der Kommunikation zwischen den Prozessbeteiligten. Die BPMN umfasst eine große Anzahl an Konstrukten, die in fünf Kategorien eingeteilt werden: Flussobjekte, Datenobjekte, Verbindungsobjekte, Swimlanes und Artefakte. Die Kategorien und die Konstrukte werden nachfolgend näher erläutert [OMG11], [GP14, S. 252ff.]:

- **Flussobjekte** dienen der Beschreibung des Prozessablaufs. Kernkonstrukte dieser Kategorie sind Ereignisse, Aktivitäten und Gateways. Ereignisse werden in Start-, Zwischen- und Endereignisse unterteilt. Aktivitäten beschreiben Aufgaben, die ein Geschäftsprozess erledigen soll. Komplexe Aufgaben werden als Teilprozesse bezeichnet. Gateways kennzeichnen Entscheidungen an Verzweigungen oder einen Punkt, an dem verschiedene Kontrollflüsse zusammenlaufen [OMG11], [FR17, S. 25f.]. Jedes Flussobjekt wird im Prozessmodell als Knoten dargestellt.
- **Datenobjekte** werden zur Darstellung physischer oder informationstechnischer Elemente verwendet, die von Aktivitäten genutzt oder erzeugt werden. Datenobjekte beziehen sich auf Aktivitäten, den gesamten Geschäftsprozess oder auf Teilprozesse. Es werden Datenobjekte, Dateninput und Datenoutput unterschieden. Ein Datenobjekt repräsentiert Informationen, die durch den Prozess fließen. Ein Dateninput repräsentiert einen externen Input. Ein Datenoutput ist das Ergebnis eines gesamten Prozesses [OMG11], [GP14, S. 252ff.].
- **Verbindungsobjekte** verbinden Fluss- und Datenobjekte sowie Artefakte. Es werden Sequenzflüsse, Assoziationen und Nachrichtenflüsse unterschieden. Sequenzflüsse verbinden Flussobjekte innerhalb eines Pools bzw. einer Lane. Zur Verknüpfung über Pools und Lanes werden Nachrichtenflüsse verwendet. Assoziationen verknüpfen Artefakte mit Flussobjekten oder Datenobjekte mit Aktivitäten. Es können gerichtete, ungerichtete und beidseitige Assoziationen dargestellt werden [OMG11], [GP14, S. 253].
- **Swimlanes** strukturieren das Prozessmodell und dienen der Beschreibung von Zuständigkeiten bzw. Verantwortungsbereichen. Es werden Pools und Lanes unterschieden. Ein Prozessmodell kann einen oder mehrere Pools enthalten, die abstrakte Rollen wie Organisationseinheiten darstellen. Ein Pool kann in mehrere Lanes unterteilt werden. Die Lanes können zur Kategorisierung von Aktivitäten innerhalb eines Pools genutzt werden [OMG11], [All15, S. 28ff.].

- **Artefakte** umfassen Annotationen und Gruppen. Diese werden verwendet, um Geschäftsprozessen weitere relevante Informationen zuzuordnen [OMG11], [GP14, S. 252ff.].

Bewertung: BPMN ist eine standardisierte, graphische Spezifikationssprache zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen. Die Sprache kann einfach erweitert und angepasst werden; ihre Grundlagen sind leicht erlernbar und anzuwenden. Der Fokus der Spezifikationssprache liegt in der Beschreibung von Prozessabläufen. Die Beschreibung der Aufbauorganisation und der Ressourcen, die einen Geschäftsprozess ausführen, ist nur sehr eingeschränkt möglich. Eine disziplinübergreifende Spezifikation von technischen Systemen wird nicht adressiert.

3.1.1.4 OMEGA

Die Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA) entstand am HEINZ NIXDORF INSTITUT und wurde zusammen mit der UNITY AG weiterentwickelt [Fah95], [GP14]. Ziel von OMEGA ist ein intuitiv verständliches, vollständiges Modell der Ablauf- und Prozessorganisation. Die objektorientierte Methode soll die Planung und Analyse von Geschäftsprozessen ermöglichen. Hierfür wird die Aufbau- und Prozessorganisation in einem Diagramm dargestellt. Aus diesem können formale Prozessspezifikationen für Workflow- und Produktdatenmanagementsysteme abgeleitet werden. Die graphische Notation von OMEGA umfasst die Konstrukte Geschäftsprozesse, Aktivitäten, Organisationseinheiten, externe Objekte, Bearbeitungsobjekte, technische Ressourcen und Kommunikationsbeziehungen (siehe Bild 3-3). Diese werden nachfolgend vorgestellt [GP14, S. 254ff.]:

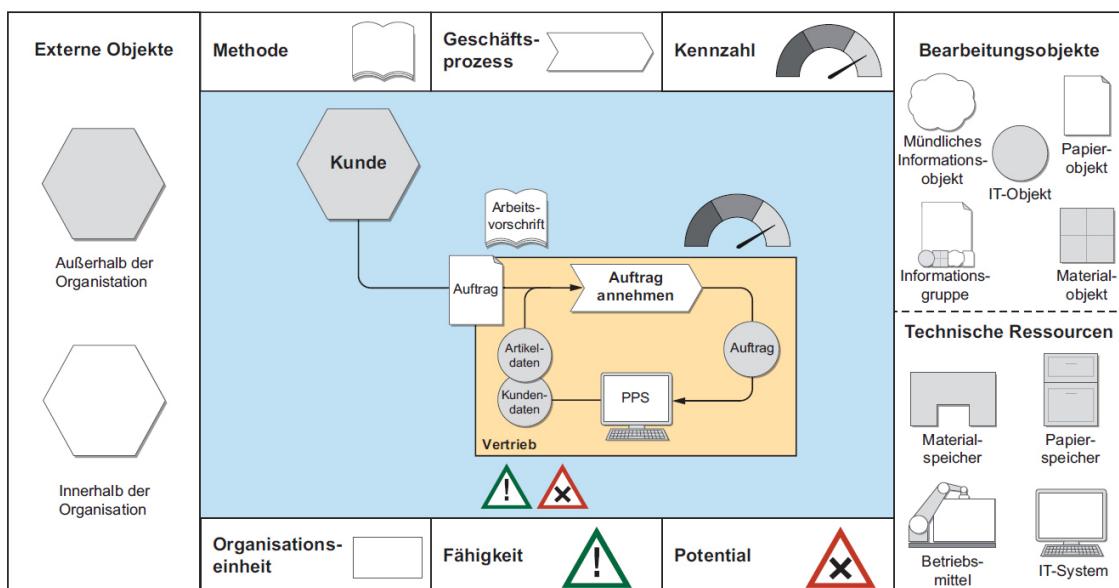


Bild 3-3: Überblick der OMEGA-Konstrukte [GP14, S. 254]

- Ein **Geschäftsprozess** ist eine Abfolge logisch zusammenhängender Aktivitäten und dient der Transformation eines Objekts oder dem Erbringen eines Ergebnisses. Anfang und Ende eines Geschäftsprozesses sind durch Auslöser bzw. Input und Ergebnis bzw. Output fest definiert. Geschäftsprozesse können durch untergeordnete Geschäftsprozesse konkretisiert oder durch Zuordnung zu einem übergeordneten Geschäftsprozess abstrahiert werden [GP14, S. 254ff.].
- Ausgeführt wird der Geschäftsprozess durch **Organisationseinheiten**. Diese repräsentieren eine Stelle in der Aufbauorganisation eines Unternehmens (z. B. Abteilung, Person, Rolle etc.). Organisationseinheiten können in einem Geschäftsprozess mehrfach verwendet werden [GP14, S. 254ff.].
- **Externe Objekte** repräsentieren Einheiten der Systemumwelt. Dies sind bspw. Personen, Personengruppen, Institutionen und Unternehmen, die Schnittstellen mit Geschäftsprozessen besitzen. Es werden externe Objekte außerhalb und innerhalb der Organisation unterschieden [GP14, S. 254ff.].
- Ein- und Ausgangsgrößen von Geschäftsprozessen sind **Bearbeitungsobjekte**, die durch diese transformiert oder erzeugt werden. OMEGA unterscheidet IT-Objekte, Papierobjekte, mündliche Informationen, Materialobjekte und Informationsgruppen (Zusammenfassung mehrerer Informationsobjekte) [GP14, S. 254ff.].
- Die Durchführung von Geschäftsprozessen wird durch **technische Ressourcen** unterstützt. Es werden IT-System, Betriebsmittel, Papierspeicher und Materialspeicher unterschieden [GP14, S. 254ff.].
- Externe Objekte, technische Ressourcen und Geschäftsprozesse werden über **Kommunikationsbeziehungen** verknüpft. Durch Platzierung von Bearbeitungsobjekten auf den Kommunikationsbeziehungen werden Informations- und Materialflüsse im Prozessmodell sichtbar. Jede Kommunikationsbeziehung besitzt dabei immer genau einen Sender und einen Empfänger [GP14, S. 254ff.].

Bewertung: OMEGA ist eine intuitiv verständliche Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse. Sie stellt verschiedene Konstrukte zur graphischen Modellierung von Geschäftsprozessen bereit. Die Methode fokussiert die Analyse bestehender Prozesse und die darauf aufbauende Prozessverbesserung. Es werden Aufbau- und Prozessablauforganisation berücksichtigt. Für die Erarbeitung der Prozessmodelle stellt OMEGA ein Workshop-Set zur Verfügung. OMEGA ermöglicht zudem die Modellierung von Ressourcen. Die fachdisziplinübergreifende Modellierung von technischen Systemen steht nicht im Vordergrund des Ansatzes. Der Einarbeitungsaufwand ist durch die intuitiven, graphischen Konstrukte gering.

3.1.2 Methoden für die referenzmodellgestützte Ideenfindung

Die Problemanalyse zeigt den Bedarf, eine referenzmodellgestützte Ideenfindung methodisch zu unterstützen. Grundsätzlich existieren zahlreiche Methoden für die Ideen- und Produktfindung, und zwar sowohl Ansätze, die Modelle explizit verwenden, als auch solche, die diese implizit aufgreifen. In diesem Abschnitt werden ausgewählte Methoden untersucht, die eine möglichst hohe Relevanz in Bezug auf die Anforderungen an die Systematik aufweisen. Folgende Methoden werden untersucht: Wertanalyse (vgl. Abschnitt 3.1.2.1), Hybride-Leistungsbündel-Layer-Methode (vgl. Abschnitt 3.1.2.2), Quality Function Deployment (vgl. Abschnitt 3.1.2.3), Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge (vgl. Abschnitt 3.1.2.4) und Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme (vgl. Abschnitt 3.1.2.5).

3.1.2.1 Wertanalyse

Die Wertanalyse (engl. Value Analysis, Value Engineering) wurde 1947 von MILES entwickelt [MB67]. Der Ursprung der Methode liegt in der Suche nach Substitutionsmöglichkeiten für Materialressourcen zur Kosteneinsparung. Die Methode wurde durch die Ausweitung auf Anwendungsfelder im Management zum Value Management weiterentwickelt [JW96], [Göt07]. Das vorrangige Ziel der Wertanalyse ist die Verbesserung des Unternehmenswertes durch günstigere Produkte, verbesserte Prozesse und Dienstleistungen, die einen höheren Gewinn erwirtschaften [VDI11, S. 29].

Die Wertanalyse (WA) ist ein „organisierter und kreativer Ansatz, der einen funktionenorientierten und wirtschaftlichen Gestaltungsprozess mit dem Ziel der Wertsteigerung eines WA-Objekts zur Anwendung bringt“ [DIN1325-1:2014, S. 14].

Dieser Gestaltungsprozess ist durch einen Arbeitsplan strukturiert und wird von einem interdisziplinären Team durchgeführt. Wesentliche Elemente sind die Formulierung von Funktionen und die funktionsorientierte Modellbildung [VDI95].

Grundsätzlich werden die Anwendungen der Wertanalyse zur Wertgestaltung und zur Wertverbesserung unterschieden. Wird die Wertanalyse auf ein neues in der Entwicklung befindliches Produkt angewendet, dann wird dies als Wertgestaltung bezeichnet. Die Analyse bestehender Produkte wird Wertverbesserung genannt [VDI2800:2010, S. 10].

Innerhalb der WA ist der Wertbegriff von zentraler Bedeutung. Der Wert eines Wertanalyseobjekts (WA-Objekt) bezeichnet die Beziehung zwischen dem Beitrag der Funktion⁵ oder des WA-Objekts zur Bedürfnisbefriedigung und den eingesetzten Ressourcen (z. B.

⁵ Im Rahmen der Wertanalyse beschreibt eine Funktion die Wirkung eines Produktes oder eines seiner Bestandteile [DIN1325-1, S. 4].

Kosten der Funktion oder des WA-Objekts). Die Beziehung zwischen der Bedürfnisbefriedigung und dem Ressourceneinsatz stellt dabei lediglich eine Gegenüberstellung dar, um die Größen gegeneinander abzuwägen [DIN1325-1, S. 5f.], [VDI2800:2010, S. 8]. Zur Verbesserung des Wertes können sowohl eine Verbesserung der Bedürfnisbefriedigung als auch eine Verbesserung des Ressourceneinsatzes führen. Auf Basis des Wertes können verschiedene Lösungen verglichen werden.

Das Vorgehensmodell der Wertanalyse wird Arbeitsplan genannt. Dieser gliedert sich in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2800 in folgende vier Phasen: Projektplanung, Analyse, Entwicklung und Realisierung [VDI2800, S. 20]. Die Phasen werden nachfolgend vorgestellt.

- 1) **Projektplanungsphase:** In der ersten Phase wird das Projekt vorbereitet, definiert und die Aufbau- und Ablauforganisation geplant. Ergebnis der Projektplanung ist das definierte Wertanalyse-Projekt.
- 2) **Analysephase:** In der zweiten Phase werden umfassende Informationen über das WA-Objekt gesammelt (z. B. technische Informationen, Wettbewerber und Markt). Die Bedürfnisse der Kunden werden formuliert und die Funktionen analysiert. Durch Abstraktion der Kundenbedürfnisse zu nutzerbezogenen Funktionen⁶ und Zuordnung zu produktbezogenen Funktionen⁷ wird der Lösungsraum vergrößert [VDI2800, S. 24]. Für die einzelnen Funktionen werden Funktionenkosten ermittelt; hierfür werden die Kosten der Funktionsträger den Funktionen zugeordnet und eine Funktionskostenmatrix verwendet (siehe Bild 3-4). Auf Basis der Analyseergebnisse werden Detailziele und Bewertungskriterien⁸ festgelegt. Diese sind das Resultat der zweiten Phase [VDI2800, S. 24].
- 3) **Entwicklungsphase:** Aufbauend auf den definierten Funktionen werden in dieser Phase Lösungsideen entwickelt sowie hinsichtlich ihrer Zielerreichung analysiert und bewertet. Hierbei können Kreativitätstechniken eingesetzt werden. Die Lösungsideen werden zu Konzepten und ganzheitlichen Lösungen weiterentwickelt. Abschließend werden die Lösungen anhand von nachvollziehbaren Kriterien bewertet, ausgewählt und präsentiert [VDI2800, S. 26].

⁶ Eine nutzerbezogene Funktion wird definiert als die erwartete oder erbrachte Wirkung eines Produktes, um die Bedürfnisse oder einen Teil der Bedürfnisse eines bestimmten Nutzers zu erfüllen [VDI2800, S. 6].

⁷ Als produktbezogene Funktionen werden in der Wertanalyse die Wirkung eines Bestandteiles oder jene zwischen den Bestandteilen eines Produktes zum Zweck der Erfüllung der nutzerbezogenen Funktion verstanden [VDI2800, S. 7].

⁸ Ein Bewertungskriterium ist ein Merkmal, das die Bewertung einer erwarteten oder erbrachten Leistung eines Wertanalyse-Objekts ermöglicht. Im Allgemeinen werden mehrere Bewertungskriterien zur Spezifikation einer Funktion benötigt [VDI2800, S. 3].

- 4) **Realisierungsphase:** In der letzten Phase wird die Lösung in einem Produkt umgesetzt. Die Umsetzung wird überwacht, Zielabweichungen werden erkannt und ggf. werden korrigierende Maßnahmen eingeleitet. Gesammelte Erfahrungen und Unterlagen werden für die weitere Verwendung aufbereitet. Resultat der Wertanalyse ist ein wertoptimiertes Produkt [VDI2800, S. 28].

Funktionsträger	Kosten	Funktion 1		Funktion 2		Funktion 3		Summe Anteile
		Anteil	Teilfunktionenkosten	Anteil	Teilfunktionenkosten	Anteil	Teilfunktionenkosten	
	[€]	[%]	[€]	[%]	[€]	[%]	[€]	[%]
Komponente 1	1300	0,15	$0,15 \times 1300 = 195$	0,05	$0,05 \times 1300 = 65$	0,70	$0,70 \times 1300 = 910$	$0,15 + 0,05 + \dots = 1$
Komponente 2	1600	0,60	$0,60 \times 1600 = 960$	0,25	$0,25 \times 2500 = 625$	0,01	$0,01 \times 2500 = 25$	$0,60 + 0,25 + \dots = 1$
Komponente 3	700	0,05	$0,05 \times 700 = 35$	0,40	$0,40 \times 700 = 280$	0,30	$0,30 \times 700 = 210$	$0,05 + 0,40 + \dots = 1$
Komponente 4	1000	0,10	$0,10 \times 1000 = 100$	0,03	$0,03 \times 1000 = 30$	0,00	$0,00 \times 1000 = 0$	$0,10 + 0,03 + \dots = 1$
Abs. Funktionenkosten [€]	$195 + 960 + \dots = 1290$		$65 + 625 + \dots = 1000$		$910 + 25 + \dots = 935$		$\Sigma \text{ Komp.-kosten}$	
Rel. Funktionenkosten [%]	$1290 / 4600 = 28,0$		$1000 / 4600 = 21,7$		$935 / 4600 = 20,3$		$1300 + 1600 + \dots = 4600$	

Bild 3-4: Beispiel einer Funktionskostenmatrix (angelehnt an [Wig17, S. 13])

Bewertung: Die Wertanalyse kann die disziplinübergreifende Ideenfindung in der Produktgenerationenplanung durch die Analyse bestehender Produkte unterstützen. Auf der Basis von Kosten-Nutzen-Abwägungen werden Ideen zur Verbesserung des Wertes eines Produkts gesucht. Die Bestimmung von Funktionskosten und -nutzen ermöglicht die Fokussierung der Suche auf bestimmte Funktionen. Die Suche von Zusatzeigenschaftsideen wird nicht explizit adressiert. Sehr häufig wird die Wertanalyse in Kostensenkungsprojekten verwendet [EKL07, S. 118]. Die Funktionskostenmatrix kann als matrixbasiertes Systemmodell⁹ verstanden werden, das ausschließlich Funktionen und Funktionsträger (z. B. Komponenten) berücksichtigt. Es werden keine spezifischen Sichten für die Ideenfindung erzeugt. Die Wertanalyse ist aufwendig und bedarf einer systematischen Einführung in die Unternehmen. Die Methode eignet sich insbesondere für große Betriebe [BH06, S. 153 ff.]. Sie adressiert die Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch die Suche von Zusatzeigenschaftsideen nicht ausdrücklich.

3.1.2.2 HLB-Layer-Methode nach MÜLLER und STARK

Die Hybride-Leistungsbündel(HLB)-Layer-Methode (engl. Product-Service-System (PSS) Layer Method) ist ein Ansatz zur Entwicklung neuer Ideen für hybride Leistungsbündel, zur Klärung der Entwicklungsaufgabe und zur modellgestützten Anforderungs-erhebung. Ziel der Methode sind Architekturbilder für HLB-Ideen und verknüpfte Anforderungen [SM12, S. 49]. Die Methode basiert auf neun Gestaltungsdimensionen bzw.

⁹ In den 1960er-Jahren wurden Methoden zur matrixbasierten Produktmodellierung von STEWARD und weiteren Autoren entwickelt [Ste62], [Ste81]. Kern ist die Strukturierung von Elementen und deren Beziehungen innerhalb einer Matrix sowie die Analyse von Zusammenhängen.

Klassen von hybriden Leistungsbündeln, die horizontal in Ebenen bzw. Layern abgebildet werden. Diese werden in Kundensicht und Entwicklersicht gruppiert. Bild 3-5 zeigt eine konzeptionelle Darstellung der HLB-Layer-Methode am Beispiel einer Werkzeugmaschine [SM12, S. 49].

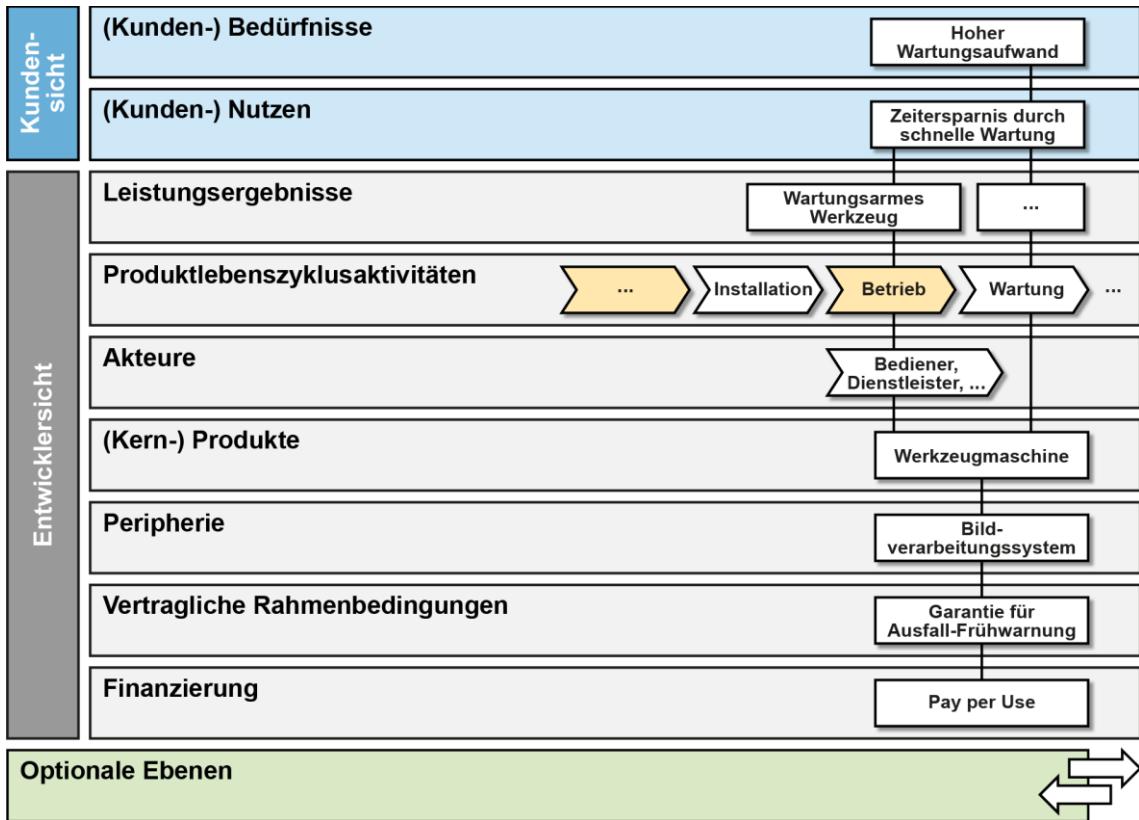


Bild 3-5: Konzeptionelle Darstellung der HLB-Layer-Methode am Beispiel einer Werkzeugmaschine (angelehnt an [SM12, S. 50], [Pei15, S. 78])

Den einzelnen Layern sind Gestaltungselemente zugeordnet, die mit Skizzen und Texten beschrieben werden. Ein beispielhaftes Gestaltungselement der Dimension Kundennutzen ist die „Zeitersparnis durch schnelle Wartung“. Die Kundensicht umfasst die Dimensionen Kundenbedürfnis und Kundennutzen bzw. Kundenwerte. Aus Entwicklungssicht werden folgende Gestaltungsdimensionen berücksichtigt: Leistungsergebnis, Lebenszyklusaktivitäten, Akteure, (Kern-)Produkte bzw. (Kern-)Sachleistungen, Peripherie, vertragliche Rahmenbedingungen sowie Finanzierung bzw. Fakturierung [PAS1094, S. 28f.], [MKS+09, S. 18ff.]. Durch weitere optionale Ebenen kann die Methode erweitert werden.

Die HLB-Layer-Methode wird in Kleingruppen oder durch einzelne Entwickler angewendet. Dabei werden die erzeugten Modelle iterativ konkretisiert. Die Methode wird durch papierbasierte Moderations- und Anwendungsvorlagen für Workshops und durch ein prototypisches Software-Werkzeug unterstützt. Alternative HLB-Ideen und -Konzepte werden durch die Methode in einer frühen Phase vergleichbar gemacht. Die Gestal-

tungselemente können mit Anforderungen verknüpft werden. Die HLB-Anforderungscheckliste stellt hierfür 100 gruppierte Kriterien zur Suche und Formalisierung von Anforderungen bereit [MKS+09, S. 9f.], [SM12, S. 49f.].

Bewertung: Mit der HLB-Layer-Methode können Ideen für Produkte modelliert und miteinander verglichen werden. Der Fokus der Methode liegt auf sog. hybriden Leistungsbündeln. Zur Modellierung werden neun Gestaltungsdimensionen vorgeschlagen, in denen eine erste HLB-Architektursicht erzeugt wird. Diese HLB-Architektur einer Idee kann bspw. zur Klärung der Entwicklungsaufgabe oder zur Ableitung von Anforderungen verwendet werden. Es können auch bestehende Systeme modelliert werden. Die Verwendung bestehender Systemmodelle wird nicht adressiert. Der Einarbeitungsaufwand der HLB-Layer-Methode ist gering, da lediglich Ebenen und keine weiteren Konstrukte vorgegeben werden. Die entstehenden Architekturen hängen stark von der individuellen Ausgestaltung der Anwender ab. Der Wandel technischer Systeme zu intelligenten technischen Systemen wird nicht explizit durch Gestaltungsdimensionen adressiert. Die Verwendung der HLB-Layer-Methode im Rahmen der zu entwickelnden Systematik ist deshalb nicht ausreichend. Für die Systematik erscheint die Adaption des Ansatzes der Gestaltungsebenen erfolgversprechend. Hier könnten die Gestaltungsebenen zur Erzeugung von einfachen Sichten auf bestehende Systemmodelle zur Darstellung der Ist-Situation dienen.

3.1.2.3 Quality Function Deployment (QFD)

Die Methode Quality Function Deployment (QFD) wurde von AKAO in den 1960er-Jahren entwickelt und wird seitdem ständig weiterentwickelt [Aka72], [Aka90]. Ziel der Methode ist es, eine technische Lösung auf Kundenanforderungen abzustimmen [EBG+03, S. 142], [GEK01, S. 65], [EM13, S. 240ff.]. AKAO beschreibt das Ziel der Methode folgendermaßen:

“(QFD) is a method for developing a design quality aimed at satisfying the customer and then translating the customer demands into design targets and major quality assurance points to be used throughout the production process” [Aka90, S. 3].

Die QFD begleitet die gesamte Produktentstehung und dient der Umsetzung von Kundenanforderungen in ein Produkt und in die zu seiner Herstellung erforderlichen Prozesse [ESS94, S. 66ff.]. Die QFD ist besonders hilfreich, wenn Referenzprodukte zur Analyse vorliegen (z. B. Vorgängergenerationen oder Konkurrenzprodukte) [PL11, S. 51]. Konzeptioneller Kern der Methode ist das sog. House of Quality (HoQ). In der Literatur gibt

es vielfältige HoQ-Varianten mit unterschiedlichen Bestandteilen und Vorgehensmodellen [SZ96, S. 1697ff.]. Bild 3-6 stellt das House of Quality vereinfacht dar und visualisiert die Schritte der Methode. Nachfolgend wird ein vereinfachtes HoQ¹⁰ beschrieben.

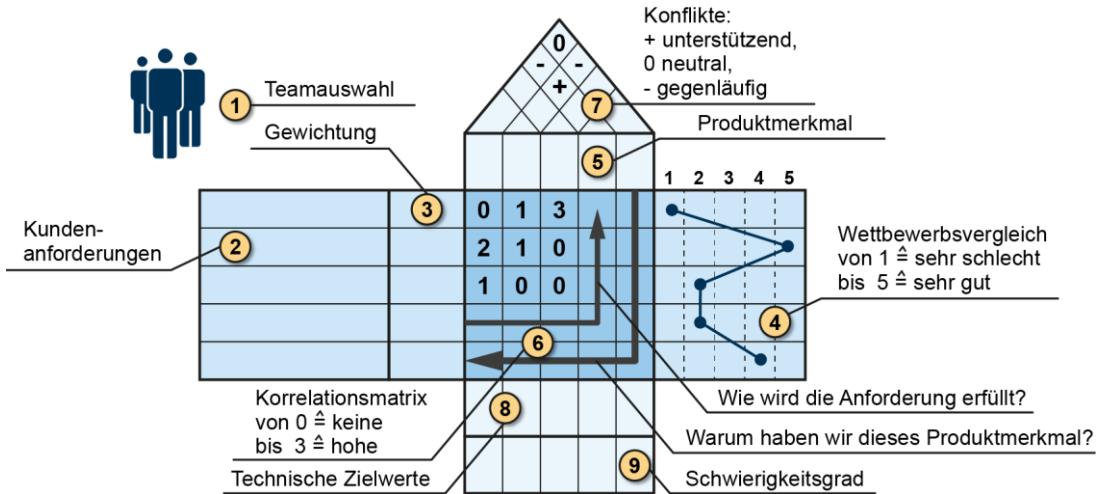


Bild 3-6: House of Quality (angelehnt an [GEK01, S. 68], [BB14, S. 444ff.])

- 1) Zunächst wird ein Team definiert. Dieses sollte interdisziplinär und abteilungsübergreifend sein (z. B. Produktplanung, Entwicklung und Vertrieb).
- 2) Anschließend werden Kundenanforderungen identifiziert. Hierzu müssen vage Äußerungen von Kunden in aussagefähige Kundenanforderungen umgewandelt werden. Zur Erhebung der Stimme des Kunden (engl. Voice of the Customer) wird ein direkter Kundenkontakt empfohlen. Als Kunde werden nicht nur die Käufer der Produkte bezeichnet, sondern alle Beteiligten des Umsetzungsprozesses.
- 3) Die Kundenanforderungen bilden den Ausgangspunkt für das HoQ und können gewichtet werden.
- 4) Es wird eine Wettbewerbsbewertung durchgeführt, mit der die Erfüllung der Kundenanforderungen durch Wettbewerbsprodukte überprüft wird.
- 5) Anschließend werden die Produktmerkmale aufgelistet, die die Kundenanforderungen erfüllen sollen. Es resultiert eine Korrelationsmatrix.
- 6) In dieser wird bewertet, welche Beziehungsstärke zwischen Kundenforderungen und Produktmerkmalen besteht.
- 7) Im Dach des HoC werden durch eine weitere Korrelationsmatrix mögliche Zielkonflikte von Produkteigenschaften identifiziert.
- 8) Es folgt die Definition technischer Zielwerte, anhand derer die Zielerreichung untersucht werden kann.
- 9) Die Erreichbarkeit der Ziele durch ein Unternehmen wird abgeschätzt und als Schwierigkeitsgrad in das HoC übertragen. Abschließend werden im Projektteam Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele definiert [GEK01, S. 65ff.], [BB14, S. 444ff.].

Bewertung: Die Methode unterstützt bei der Planung und Entwicklung von Produkten. Ein wesentliches Ziel ist die Schaffung von Kundennutzen durch abgestimmte Produkte. In interdisziplinären Teams werden dazu Produkteigenschaften auf Kundenanforderungen abgestimmt. Bestehende Produkte und Produktgenerationen können mit der QFD

¹⁰ Eine detaillierte Darstellung der Methode liefern z. B. [Aka90], [GEK01], [BB14], [Saa16].

analysiert werden. Für eine erfolgreiche QFD müssen die Kundenanforderungen bekannt sein [EBG+03, S. 371]. Deren Identifikation und die Suche der relevanten Produkteigenschaften sind besonders kritische Aktivitäten bei der Anwendung der Methode. Die QFD umfasst ein systematisches Vorgehen und ist in der Praxis weit verbreitet. In der Regel ist die Durchführung der Methode aufwendig [GEK01, S. 68f.]. Die Erschließung von Nutzenpotentialen des Wandels technischer Systeme wird nicht explizit adressiert. Das in der QFD erarbeitete House of Quality kann als matrixbasiertes Systemmodell interpretiert werden. Die Erzeugung von Sichten auf ein bestehendes Systemmodell wird nicht unterstützt.

3.1.2.4 Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge

Die Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge unterstützt die strategische Produktplanung, indem relevante Informationen und Zusammenhänge in einem Modell dargestellt werden. Das Ziel der Systematik sind modellbasierte Entwicklungsaufträge. Hierfür umfasst diese eine Modellierungssprache, eine Methode und eine Werkzeugunterstützung. Die Modellierungssprache stellt zur Modellierung entwicklungsrelevanter Informationen vier Partialmodelle zur Verfügung: Unternehmensumfeld, Unternehmen, Marktleistung und Anforderungen (siehe Bild 3-7) [Ech16, S. 94ff.].

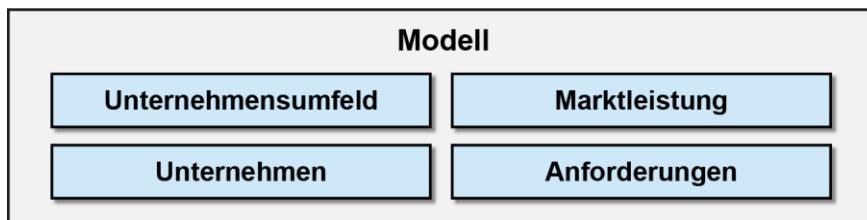


Bild 3-7: Partialmodelle der Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge

Die Partialmodelle umfassen verschiedene Grundkonstrukte, die eine Modellierung der wesentlichen Erkenntnisse aus den Aufgabenbereichen der strategischen Produktplanung ermöglichen. Konkret sind das die Aufgabenbereiche Potential- und Produktfindung, Geschäftsplanung sowie die Konzipierung der Marktleistung. Durch die Verknüpfung der Grundkonstrukte und der Partialmodelle untereinander entsteht eine modellbasierte Beschreibung des Entwicklungsauftrags. Der Systematik liegt ein Vorgehensmodell zugrunde, das in vier Phasen gegliedert ist (siehe Bild 3-8). Nachfolgend werden die einzelnen Phasen vorgestellt [Ech16, S. 94ff.]:

- **Entwurf:** In der ersten Phase wird mittels der Modellierungssprache ein initialer Entwicklungsauftrag erarbeitet. Hierfür werden zunächst die Arbeitsergebnisse der strategischen Produktplanung durch die jeweiligen Fachexperten vorgestellt und in der Gruppe diskutiert. Darauf aufbauend werden Informationen mit hoher Bedeutung für die bereichsübergreifende Zusammenarbeit identifiziert. Diese Informationen werden in Form von Konstrukten abgebildet. Zur Abbildung auf Moderationspapier (engl.

Brown-Paper) wird ein Karten-Set der Konstrukte als Hilfsmittel im Workshop verwendet. Anschließend werden die Beziehungen zwischen Konstrukten und Partialmodellen abgebildet. Die Phase wird abgeschlossen, wenn die beteiligten Experten alle wesentlichen Informationen beschrieben haben. Resultat ist ein initialer Entwicklungsauftrag [Ech16, S. 132ff.].

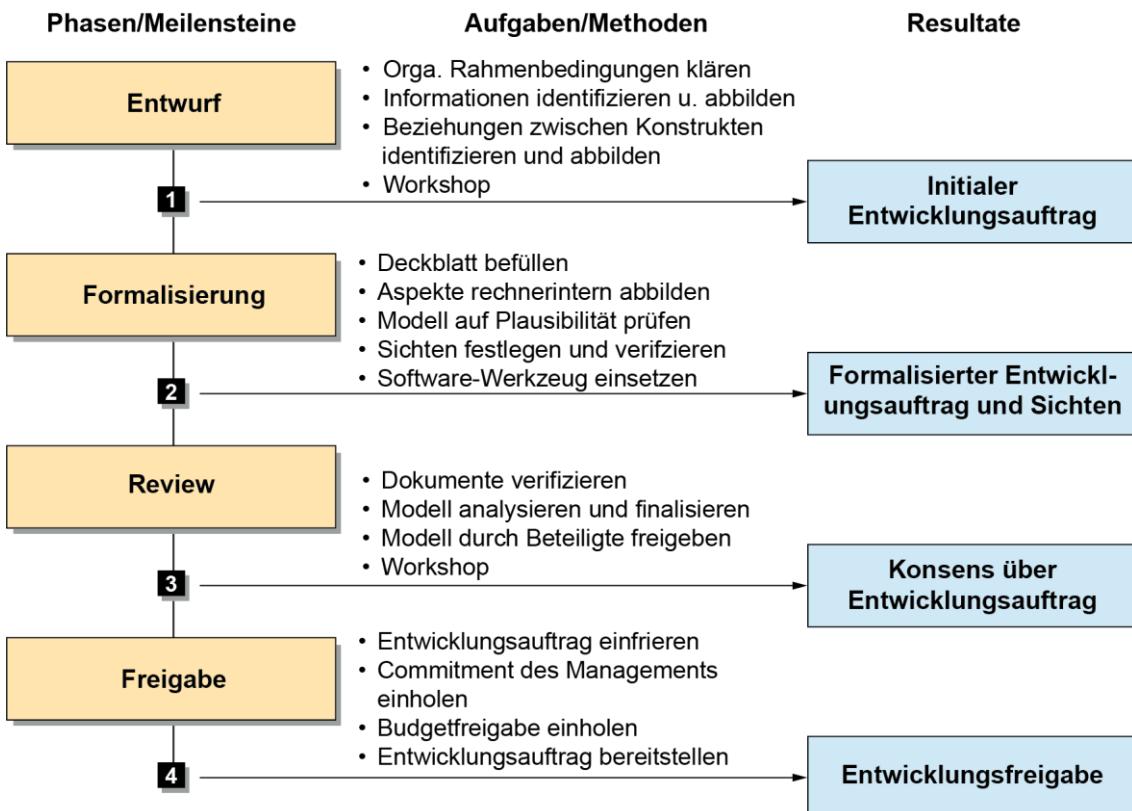


Bild 3-8: Vorgehensmodell zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge nach ECHTERHOFF [Ech16, S. 133]

- **Formalisierung:** In dieser Phase wird der bisher papierbasierte initiale Entwicklungsauftrag formalisiert. Zunächst wird ein Deckblatt mit den bekannten Rahmenbedingungen befüllt. Anschließend werden die bisher papierbasierten Abbildungen rechnerintern beschrieben. Hierbei kann auf einen Werkzeug-Demonstrator zurückgegriffen werden, der auf Microsoft Visio basiert. Das erstellte Modell wird durch den Modellersteller auf Plausibilität und Konsistenz geprüft. Daraus resultieren ein formalisierter Entwicklungsauftrag und Sichten [Ech16, S. 135ff.].
- **Review:** In der dritten Phase wird auf Grundlage des formalisierten Modells ein Review durchgeführt. Hierfür beurteilen die an der Erstellung des Modells beteiligten Fachexperten in einem Workshop die Güte des Modells. Kern ist die Frage, ob das Modell die unter den Teilnehmern abgestimmte zentrale Botschaft vermittelt. Resultat der Phase ist ein unter den Teilnehmern erreichter Konsens über den Entwicklungsauftrag [Ech16, S. 138].

- **Freigabe:** In der abschließenden Phase wird der vorliegende Stand des Entwicklungsauftrags eingefroren und dem Management präsentiert. Dieses prüft den Entwicklungsauftrag auf Strategiekonformität sowie Markt- und Technologieattraktivität. Ist der Entwicklungsauftrag zufriedenstellend, gibt das Management das erforderliche Budget frei. Resultat der Systematik ist eine Entwicklungs freigabe und ein ganzheitlicher, abgestimmter modellbasierter Entwicklungsauftrag [Ech16, S. 138f.].

Bewertung: Die Systematik unterstützt die strategische Produktplanung durch die Erstellung modellbasierter Entwicklungsaufträge. Dabei wird nicht auf bestehende Modellierungssprachen zurückgegriffen (vgl. Abschnitt 3.1.1), sondern eine spezielle Modellierungssprache für Entwicklungsaufträge vorgestellt. Diese ermöglicht eine ganzheitliche Abbildung entwicklungsrelevanter Informationen. Die Erhebung dieser Informationen ist nicht Teil der Systematik. Referenzprodukte (z. B. Vorgängergenerationen) und bestehende Systemmodelle werden nicht explizit berücksichtigt. Die Nutzbarmachung bestehender Systemmodelle durch spezifische Sichten wird nicht angestrebt. Zur Beschreibung von Produktideen werden ausschließlich die Aspekte Anforderungen, Hauptfunktionen und Technologien verwendet. Die Systematik fokussiert die Ideenfindung nicht explizit. Die Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch die Suche neuer Zusatzeigenschaftsideen wird nicht ausdrücklich adressiert. Die Anwendung der Systematik setzt aufgrund vieler verschiedener Konstrukte eine gründliche Einarbeitung voraus.

3.1.2.5 Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme

Das Ziel der Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme ist eine gesteuerte Produktwertsteigerung und die Rationalisierung des Änderungsprozesses durch die Nutzung von Änderungssynergien. Die Systematik umfasst ein Ordnungsschema für Release-Strategien, drei Vorgehensmodelle zur Durchführung einer Release-Planung und eine Technik zur Systembeschreibung [Küh16, S. 164ff.]. Die Bestandteile werden nachfolgend vorgestellt.

Ordnungsschema

Das Ordnungsschema beschreibt Gestaltungsfaktoren und deren Ausprägungen für alternative Release-Strategien. Diese machen spezifische Vorgaben für die initiale Strukturierung eines Release-Plans. Anwendung findet das Ordnungsschema in der strategischen Release-Planung [Küh16, S. 107ff.].

Vorgehensmodelle zur Durchführung einer Release-Planung

Kern der Systematik sind drei abgestimmte Vorgehensmodelle für eine strategische, taktische und operative Release-Planung. Die Vorgehensmodelle arrangieren die Tätigkeiten der Release-Planung und steuern den Einsatz von Methoden, Werkzeugen und Beschreibungstechniken. Die Aufteilung in drei Planungsebenen ermöglicht einen hierarchisierten Release-Planungsprozess. Die strategische Release-Planung strukturiert den Release-

Plan, legt Release-Typen und Release-Zeitpunkte fest. Im Rahmen der taktischen Release-Planung erfolgt die Zuordnung neuer Produkt-Features und Änderungen zu Releases. In der operativen Release-Planung werden unter Berücksichtigung der verfügbaren Ressourcen die tatsächlichen Release-Inhalte festgelegt [Küh16, S. 111ff.].

Technik zur Systembeschreibung

Der dritte Bestandteil der Systematik ist eine Technik zur Beschreibung von Systemmodellen als Kooperationskern der Release-Planung. Hierfür wird die Spezifikationstechnik CONSENS (vgl. Abschnitt 3.1.1.2) um die Aspekte Feature-Modell und Release-Plan erweitert (siehe Bild 3-9) [Küh16, S. 116ff.].

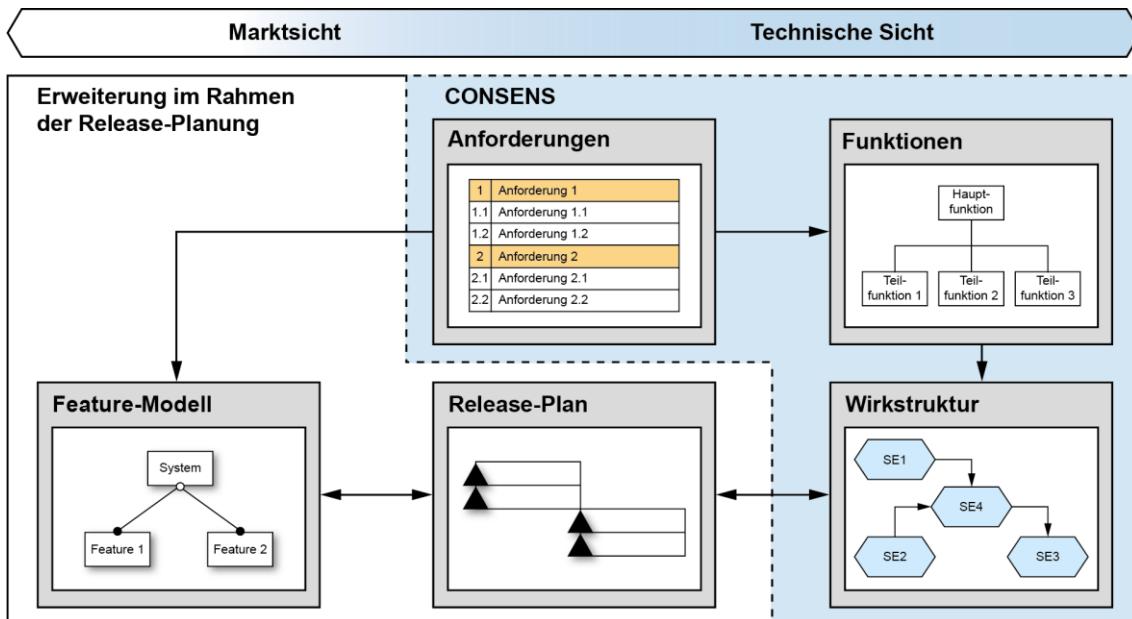


Bild 3-9: Zusammenwirken relevanter Diagramme zur Systemmodellierung in der Release-Planung [Küh16, S. 118]

Voraussetzung für die Nutzung von Systemmodellen in der Systematik sind bestehende Systemmodelle im Sinne des MBSE. Diese müssen sowohl den Entwicklungsprozess als auch den gesamten Produktlebenszyklus begleiten. Das Systemmodell repräsentiert dabei zu jedem Zeitpunkt im Produktlebenszyklus die Produktkonfigurationen aus fachdisziplinübergreifender Sicht [Küh16, S. 116ff.].

Das Systemmodell dient als Kooperationskern und wird konkret für zwei Anwendungsfälle verwendet: 1) Beschreibung der Produktevolution und 2) Unterstützung der technischen Änderungsanalyse. Im ersten Anwendungsfall werden Informationen aus dem Systemmodell über die Weiterentwicklung bzw. Produktevolution von technischen Systemen verwendet. Diese Informationen ermöglichen die Planung und Diskussion zukünftiger Releases sowie die Rückverfolgung früherer Entscheidungen. Im zweiten Anwendungsfall wird das Systemmodell zur Änderungsanalyse verwendet. Dies ermöglicht die Berücksichtigung von technischen Auswirkungen und Abhängigkeiten einer Änderung in der Release-Planung [Küh16, S. 116ff.].

Bewertung: Die Systematik strukturiert den Planungsprozess in eine strategische, taktische und operative Release-Planung. Das Vorgehen ermöglicht die Planung der Umsetzung neuer Produkt-Features sowie technischer Änderungen in Form von Releases. Die Systematik verwendet bestehende Systemmodelle im Sinne des Model-Based Systems Engineerings, um eine Produkteinvolution über verschiedene Releases nachzuhalten und Änderungsauswirkungen an Elementen zu analysieren. Damit werden Systemmodelle für die Produktfindung teilweise nutzbar gemacht, indem diese zur Analyse und Bewertung von Änderungsauswirkungen verwendet werden. Allerdings ist die Analyse von Systemmodellen mit dem Ansatz aufwendig. Die Erschließung von Nutzenpotentialen des Wandels technischer Systeme durch die Suche von Ideen für Änderungen und Zusatzeigenschaften wird durch den Ansatz nicht adressiert.

3.2 Kundenorientierte Ideenfindung

Es existiert eine Vielzahl von Ansätzen zur kundenorientierten Ideenfindung. Diese entstammen diversen Forschungsfeldern (z. B. Geschäftsmodell, Produktmanagement und Produktentwicklung) und setzen in der Regel bestimmte Schwerpunkte (z. B. Entwicklung von Geschäftsmodellen). Im Folgenden werden ausgewählte Ansätze zur kundenorientierten Ideenfindung untersucht, wie Value Proposition Canvas nach OSTERWALDER ET AL. (vgl. Abschnitt 3.2.1), Jobs-to-be-done-Theorie und Job Map nach ULWICK (vgl. Abschnitt 3.2.2), Design Thinking (vgl. Abschnitt 3.2.3), Produktpfrofile nach ALBERS (vgl. Abschnitt 3.2.4) und Customer Journey Map (vgl. Abschnitt 3.2.5).

3.2.1 Value Proposition Canvas nach OSTERWALDER ET AL.

Die Value Proposition Canvas (VPC) nach OSTERWALDER ET AL. ist ein Werkzeug zur Suche nach Wertangeboten, die auf Kundenwünschen basieren. Das Value Proposition Design beschreibt die Anwendung der VPC. In einer schrittweisen Suche nach Kundenwünschen werden Wertangebote entworfen und getestet. Die VPC umfasst die Value Map und das Kundenprofil (siehe Bild 3-10). Ziel der VPC ist eine Übereinstimmung zwischen Kundenprofil und Wertangebot [OPB+15].

Der rechte Teil der VPC umfasst das Kundenprofil. Mit diesem wird das Ziel einer einfachen Visualisierung der Anliegen der Kunden verfolgt. Ein Kundenprofil beschreibt ein spezielles Kundensegment in einem Geschäftsmodell. Die Ergebnisse einer Kundenanalyse werden im Kundenprofil dokumentiert. Hierfür wird ein Kundensegment auf Kundenaufgaben, Probleme und Gewinne heruntergebrochen. Im Feld Kundenaufgaben werden die Aufgaben beschrieben, die Kunden erledigen wollen. Das Feld Kundenprobleme beschreibt unerwünschte Ergebnisse, Schwierigkeiten, Hindernisse und Risiken, die bei der Erledigung einer Aufgabe auftreten können. Ein Kundenproblem kann schwerwiegend oder geringfügig sein. Gewinne werden im Feld Kundengewinne dokumentiert. Dabei werden vier Arten von Gewinnen unterschieden: erforderliche, erwartete, erwünschte

und unerwartete Gewinne. Zur Erarbeitung des Kundenprofils wird zunächst ein Kundensegment ausgewählt. Anschließend werden Aufgaben, Probleme und Gewinne identifiziert. Diese werden abschließend qualitativ nach der Bedeutung für das Kundensegment priorisiert.

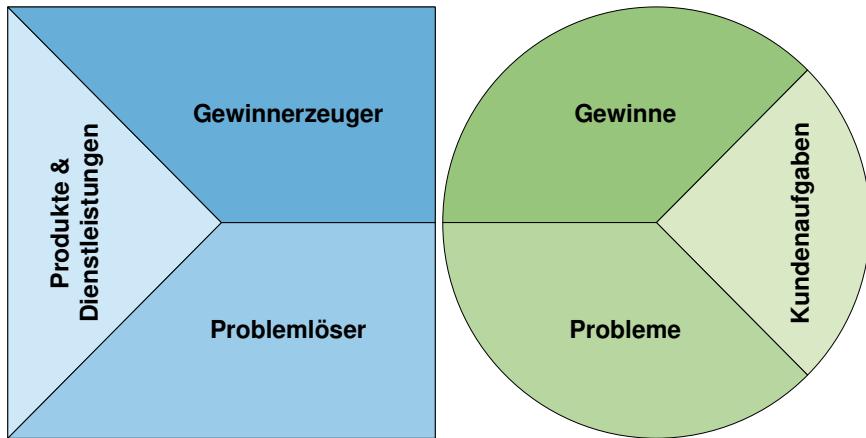


Bild 3-10: Value Proposition Canvas (angelehnt an [OPB+15, S. 8f.])

Die linke Seite der VPC umfasst die Value Map. Ihr Ziel ist es zu beschreiben, wie Produkte und Dienstleistungen Werte schaffen. Hierfür wird ein Wertangebot auf Produkte/Dienstleistungen, Gewinnerzeuger und Problemlöser heruntergebrochen. Das Feld Produkte/Dienstleistungen umfasst eine Liste von Produkten und Dienstleistungen, auf denen ein Wertangebot basiert. Dieses Bündel von Produkten und Dienstleistungen dient der Erfüllung von Kundenaufgaben. Im Feld Problemlöser wird beschrieben, wie Produkte und Dienstleistungen Probleme lösen. Dem steht das Feld Gewinnerzeuger gegenüber; hier wird dokumentiert, wie Produkte und Dienstleistungen Gewinne erzeugen. Zur Erarbeitung der Value Map werden zunächst die Produkte und Dienstleistungen eines bestehenden Wertangebotes aufgelistet. Anschließend wird beschrieben, wie diese Probleme lösen oder Gewinne erzeugen. Abschließend werden Produkte und Dienstleistungen sowie Problemlöser und Gewinnerzeuger nach der Bedeutung für das Kundensegment priorisiert.

Sind Wertangebot und Kundenprofil in der VPC beschrieben, werden diese auf Übereinstimmung überprüft. Ziel ist nicht die vollkommene Übereinstimmung, sondern die Berücksichtigung wichtiger Aufgaben, um maßgebliche Gewinne zu ermöglichen und große Probleme zu lösen [OPB+15].

Bewertung: Die VPC unterstützt die Analyse der Kunden und der Wertangebote. Verwendung findet sie insbesondere im Kontext der Geschäftsmodellentwicklung. Die Methode kann zur Ideenfindung für Produkteigenschaften angewendet werden. Hierfür werden Informationen über Kundensegmente und Wertangebote in sechs Feldern der VPC dokumentiert. Innerhalb der Felder werden die Informationen unsystematisch angeordnet. Das Wissen der Mitarbeiter über Kunden wird durch die Anwendung in Workshops

berücksichtigt. Die Unterschiede zwischen Gewinnen und Problemen sowie Gewinnerzeugern und Problemlösern sind nicht intuitiv ersichtlich und ein häufiges, unerwünschtes Diskussionsthema bei der Anwendung in Workshops. Die Methode gibt eine Bearbeitungsreihenfolge vor, die sich nicht in der Gestaltung der Felder wiederfindet. Der Ansatz ermöglicht keine modellgestützte Beschreibung und Analyse. Aufgaben, Probleme, Gewinne, Gewinnerzeuger, Problemlöser, Produkte und Dienstleistungen werden qualitativ bewertet und priorisiert. Die Bewertungen können nach der Priorisierung nicht nachvollzogen werden. Auch die Übereinstimmung von Elementen des Kundenprofils mit Elementen des Wertangebotes kann in der Dokumentation nicht nachvollzogen werden. Offen bleibt, wie Kundenaufgaben identifiziert werden. Die Methode ermöglicht keine Beschreibung von Zusammenhängen zwischen Stakeholdern und Zusatzeigenschaftsideen.

3.2.2 Jobs-to-be-done-Theory und Job Map nach ULWICK

Die Jobs-to-be-done-Theorie wurde 1999 von ULWICK entwickelt. Sie wurde in den Folgejahren insbesondere durch CHRISTENSEN und ULWICK weiterentwickelt [CCH05], [BU08]. Der Grundgedanke ist, dass Menschen Produkte und Dienstleistungen kaufen, um einen Job zu erledigen. Dabei sind Produkte und Dienstleistungen in Märkten erfolgreich, wenn sie Kunden helfen, Jobs besser und/oder günstiger zu erledigen [Ulw16, S. 190]. Ein Job-to-be-done ist nach ULWICK eine Aufgabe, die eine Person erledigen will, ein Ziel, das sie erreichen will, oder ein zu lösendes Problem. Ein Job kann funktional, emotional oder mit dem Produktverbrauch verbunden sein [Ulw16, S. 189]. Charakteristisch für Jobs ist, dass sie zeitbeständig, geographisch unabhängig sowie lösungsneutral sind [Ulw16, S. 55f.]. Bei der Suche nach Ideen stehen in der Jobs-to-be-done-Theorie nicht Produkte und Dienstleistungen im Fokus, sondern die zu erledigenden Jobs. Diese sind mit messbaren Resultaten (engl. Outcomes) verbunden, die Kunden durch die Erledigung von Jobs erreichen wollen. Auf Basis der Jobs und der Outcomes werden Ideen gefunden.

Bevor die Jobs definiert werden, muss ein Kundensegment bestimmt werden. Die Jobs werden anschließend aus einer Kundenperspektive als Job-Statement beschrieben. Ein Statement umfasst die funktionale Kernaufgabe mit Kontextaussage (z. B. unterwegs Musik hören). Zur Analyse der Jobs wird die Job Map verwendet. Diese ist eine visuelle Darstellung eines funktionalen Jobs. Ein Job kann vollständig oder teilweise in acht Prozessschritte bzw. Job Steps unterteilt werden [Ulw16, S. 86ff.] (siehe Bild 3-11).

Im Gegensatz zu einer Prozesslandkarte beschreibt eine Job Map nicht die Aktivitäten, die ein Kunde aktuell durchführt, sondern das, was der Kunde zu erledigen versucht [Ulw16, S. 189]. Hierfür werden entlang der Prozessschritte verschiedene Resultate identifiziert und als Outcome-Statements beschrieben. Die Job Map umfasst somit die vom Kunden gewünschten Resultate bzw. die Kundenbedürfnisse. Diese bieten einen Ansatzpunkt für die Suche nach Ideen [Ulw16, S. 86ff.]. Im Folgenden werden die acht Prozessschritte und der jeweilige generische Ansatz für Innovation kurz beschrieben:

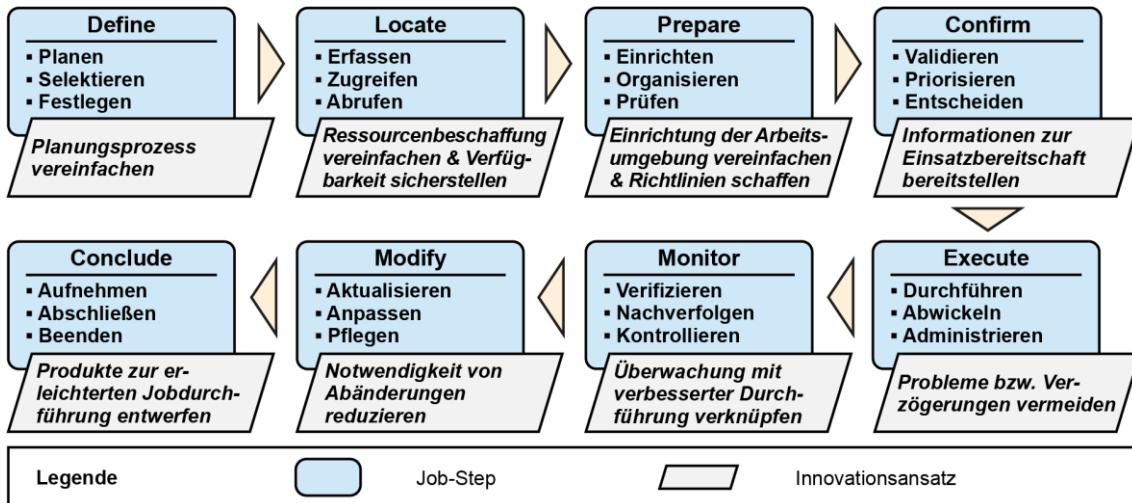


Bild 3-11: Job Map (angelehnt an [Ulw16, S. 93])

- **Define Step:** Festlegung der Ziele und Ressourcenplanung. Ansatz: Vereinfachung des Planungsprozesses.
- **Locate Step:** Beschaffung der benötigten Ressourcen und Informationen zur Erledigung von Jobs. Ansatz: Vereinfachung der Beschaffung benötigter Ressourcen sowie Sicherstellung der zeitlichen und örtlichen Verfügbarkeit.
- **Prepare Step:** Schaffung der Umgebung für den Job. Ansatz: Vereinfachung der Umgebungseinrichtung sowie Schaffung von Richtlinien zur Sicherstellung der sachgerechten Einrichtung der Arbeitsumgebung.
- **Confirm Step:** Verifizierung der Einsatzbereitschaft, den Job auszuführen. Ansatz: Bereitstellung von Information zur Bestätigung der Einsatzbereitschaft.
- **Execute Step:** Durchführung der Jobs. Ansatz: Vermeidung von Problemen bzw. Verzögerungen.
- **Monitor Step:** Beurteilung, ob der Job erfolgreich erledigt wurde. Ansatz: Verknüpfung von Überwachung und verbesserter Durchführung.
- **Modify Step:** Einführung von Veränderungen zur Verbesserung der Durchführung des Jobs. Ansatz: Reduzierung der Notwendigkeit von Veränderungen.
- **Conclude Step:** Fertigstellung des Jobs bzw. Vorbereitung zur Wiederholung des Jobs. Ansatz: Entwurf von Produkten zur Erleichterung der Durchführung des Jobs [Ulw16, S. 86ff.].

Um die Outcomes zu priorisieren, wird der Opportunity-Algorithmus vorgeschlagen. Damit wird festgestellt, welche Outcomes 1) für Kunden wichtig sind und 2) bisher nicht zufriedenstellend gelöst werden, um den Job zu erledigen. Die Priorisierung basiert auf einer quantitativen Befragung von Kunden [Ulw16, S. 108ff.].

Bewertung: Die Jobs-to-be-done-Theorie ist ein Ansatz, um Kundenbedürfnisse zu identifizieren und zu priorisieren. Auf Basis von Kundenbedürfnissen werden Ideen gesucht. Der Ansatz stellt dabei nicht Produkte und Dienstleistungen in den Mittelpunkt der Analyse, sondern eine funktionale Kundenaufgabe. Diese wird anhand einer sog. Job Map analysiert. Sie unterteilt eine Aufgabe in acht Bereiche, entlang derer gewünschte Resultate bzw. Kundenbedürfnisse identifiziert werden. Es bleibt offen, wie Kundenaufgaben identifiziert werden sollen. Grundsätzlich wird nicht zwischen Aufgaben, Problemen und Zielen unterschieden. Die Job Map ist nur eingeschränkt in Workshops anwendbar, da sie keine zu befüllenden Felder zur Dokumentation vorgibt. Die Bedürfnisse werden unsystematisch identifiziert und dokumentiert. Die Beschreibung und Analyse von Kunden in einem Modell sind somit nicht vorgesehen. Es fehlt an einem Vorgehensmodell für die einfache Anwendung der Job Map. Zur Priorisierung von Bedürfnissen werden eine aufwendige quantitative Befragung und eine einfache Bewertungsmethode verwendet. Es wird keine nachvollziehbare Dokumentation von Ergebnissen angeboten, um bspw. den Ursprung von gewünschten Resultaten darzustellen.

3.2.3 Design Thinking

Das Design Thinking kann auf SIMON zurückgeführt werden, der 1969 *Design* als eine Wissenschaft bzw. als Denkansatz beschreibt [Sim96]. Aufbauend auf diesem Denkanansatz und weiteren Arbeiten wurde Design Thinking insbesondere im Umfeld der Stanford Universität erforscht [BUA16].

Ziel des Design Thinking (DT) ist es, für bestehende Probleme neue Lösungen zu entwickeln. Dabei stehen die Bedürfnisse und die Wünsche von Menschen bzw. Nutzern im Vordergrund der Analyse und der Ideenfindung [Sch17a, S. 14ff.]. In der Literatur gibt es verschiedene Design-Thinking-Vorgehensmodelle, Methoden und Prinzipien [Bro08], [PMW09], [Sch17a]. Häufig werden bestehende Methoden aus verschiedenen Fachdisziplinen integriert (z. B. Customer Journey, Persona¹¹ und Brainstorming).

DT ist ein Ansatz, der auf drei grundlegenden Erfolgsfaktoren beruht: multidisziplinäre Teams, variable Räume und Prozess [HK13, S. 347ff.]. Diese werden nachfolgend beschrieben:

- **Multidisziplinäre Teamarbeit:** Diese ist für DT-Projekte idealtypisch. Ein solches Team besteht aus Teilnehmern aus unterschiedlichsten Fachbereichen und Hierarchieebenen, die offen für den Ansatz sind [HK13, S. 352].

¹¹ Persona (lat. Maske) ist ein Modell aus dem Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion und stellt einen Prototyp für eine Gruppe von Personen mit konkret ausgeprägten Eigenschaften und Verhalten dar [CRC+14].

- **Variable Räume:** Eine kreative Umgebung fördert Offenheit und Kommunikation. Durch unterschiedliche technische Mittel (z. B. Smartboards, Beamer oder Lautsprecher) werden unterschiedliche Wahrnehmungskanäle der Teammitglieder angesprochen [HK13, S. 353].
- **Prozess:** Dieser umfasst in der Literatur unterschiedlich viele Phasen, immer aber folgende Schlüsselphasen: Inspiration, Ideenfindung und Implementierung. Der Prozess ist strukturiert und wird iterativ durchlaufen [HK13, S. 353].

Der Design-Thinking-Prozess nach PLATTNER ET AL. umfasst sechs Phasen, die iterativ durchlaufen werden (siehe Bild 3-12). Rücksprünge auf frühere Phasen sind grundsätzlich erlaubt [PMW09, S. 113ff.]. Nachfolgend werden die verschiedenen Phasen vorgestellt:

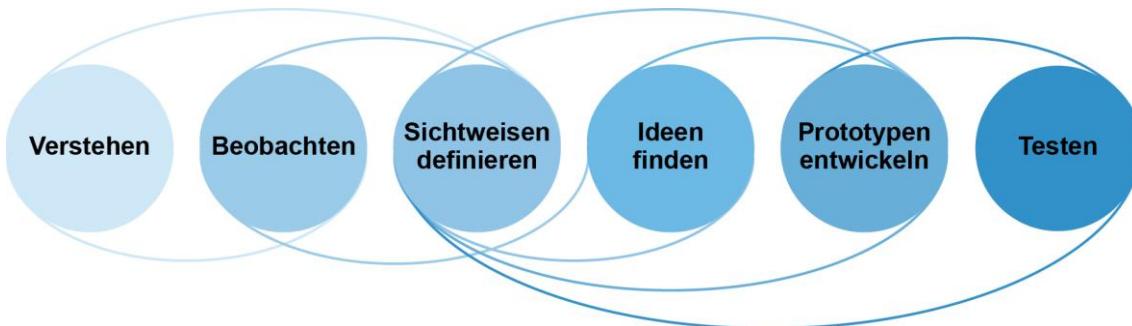


Bild 3-12: Design-Thinking-Prozess (angelehnt an [PMW09, S. 114])

- 1) In der ersten Phase (Verstehen) wird eine Aufgabenstellung beschrieben und ein Problem definiert. Im Vordergrund stehen die Frage nach der Zielgruppe, die Nutzerorientierung und die Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses im Team [PMW09, S. 113ff.].
- 2) In der zweiten Phase (Beobachten) eignen sich die Teammitglieder Expertenwissen für die zu lösende Aufgabe an. Sie analysieren vorhandene Lösungen und definieren Nutzer. Darauf aufbauend werden Nutzer befragt und beobachtet. Durch Beobachtung werden der Gebrauch von Produkten und die Verhaltensweisen von Nutzern analysiert [PMW09, S. 113ff.].
- 3) In der dritten Phase (Sichtweisen definieren) werden die durch die Teammitglieder gewonnenen Erkenntnisse zusammengetragen, verdichtet und priorisiert. Es wird eine typische, fiktive Person als Nutzer ganzheitlich beschrieben [PMW09, S. 113ff.].
- 4) In der vierten Phase (Ideen finden) werden Lösungsideen gesucht. Dazu wird bspw. die Methode Brainstorming eingesetzt. Gefundene Ideen werden beschrieben, bewertet und ausgewählt [PMW09, S. 113ff.].

- 5) Die fünfte Phase (Prototypen entwickeln) fokussiert die Erstellung von Prototypen. Aufbauend auf den Lösungsideen werden Prototypen erstellt, die eine Kommunikation von Ideen an die Nutzer erlauben. Häufig handelt es sich um sehr einfache Prototypen [PMW09, S. 113ff.].
- 6) In der letzten Phase (Testen) werden die Prototypen an einer Zielgruppe getestet, um Stärken und Schwächen zu identifizieren. Aus dem Test wird gelernt [PMW09, S. 113ff.].

Bewertung: Design Thinking (DT) stellt konsequent die Bedürfnisse der Nutzer in den Vordergrund der Ideenfindung. Im DT-Prozess werden verschiedene Methoden und Werkzeuge aus unterschiedlichen Fachdisziplinen verwendet (z. B. Brainstorming, Persona und Customer Journey). Informationen und Wissen der Mitarbeiter über Kunden werden einbezogen. Die Analyse der Nutzer durch Befragung und Beobachtung unterstützt die Identifikation von Kundenproblemen, ist aber aufwendig. Eine Analyse weiterer Stakeholder steht nicht im Vordergrund des Ansatzes. Die Nutzerzentrierung (z. B. Maschinenbediener) schränkt somit die Suche von Ideen für weitere Stakeholder ein. Eine Bewertung und Auswahl von Bedürfnissen und Ideen wird teilweise unterstützt. Die Beschreibung und Analyse von Kunden in einem Modell werden partiell durch einzelne Methoden unterstützt. Design Thinking ist insgesamt aufwendig und benötigt eine gewisse Einarbeitungszeit.

3.2.4 Produktprofile nach ALBERS

Die Findung von Produktprofilen ist für die Planung und Entwicklung von Produkten entscheidend, da diese den angestrebten Nutzen beschreiben und das Produkt grob skizzieren. Ziel eines Produktprofils ist die Vorgabe eines Lösungsraums für die Entwicklung einer Produktgeneration. Ein Produktprofil wird als ein Modell eines Nutzenbündels eines Produkts verstanden, das einen bestimmten Lösungsraum vorgibt. Es fasst den angestrebbten Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen zusammen und macht diesen für die Validierung zugänglich. Entstehende Produktideen, Produktkonzepte, Produktmodelle und das Endprodukt können anhand eines ausgewählten Produktprofils verifiziert werden. Es unterstützt die Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses für die Relevanz und Richtung einer Entwicklung [AHW+18].

Die Findung von Produktprofilen ist Teil des *integrierten Produktentstehungsmodells* (iPeM) nach ALBERS. In diesem Referenzmodell der Produktentstehung ist die Profilfindung eine durchzuführende Aktivität [ABM+05], [ARB+16]. Die Produktprofile werden vor der eigentlichen Suche nach technischen Lösungen entwickelt. Zunächst werden alternative Produktprofile generiert. Die erstellten Profile werden durch Stakeholder (Kunden) validiert. Aus den validierten Profilen werden anschließend ein oder mehrere geeignete Profile ausgewählt [AHW+18]. Zur Spezifikation eines Produktprofils in einem Modell kann ein Produktprofilschema verwendet werden (siehe Bild 3-13) [AHW+18].



Bild 3-13: Produktprofilschema (angelehnt an [AHW+18])

Die einzelnen Module in einem Produktprofil können situationsspezifisch oder unternehmensspezifisch angepasst werden. Folgende Module werden für ein Produktprofilschema vorgeschlagen [AHW+18]:

- **Referenzprodukte:** Liste potentieller Referenzprodukte [AHW+18].
- **Anwendungsfallbeschreibung:** Sie beschreibt die Situationen, in denen das Produkt eine Lösung liefert [AHW+18].
- **Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen:** Hier wird der Nutzen für Anbieter, Kunden und Anwender beschrieben [AHW+18].
- **Marktinformationen:** Hier werden Informationen über den Markt und die Kunden dokumentiert (z. B. Kunden- und Marktbeschreibung, Marktgröße und Trends) [AHW+18].

- **Wettbewerbssituation:** Hier wird ein Überblick über die Wettbewerbssituation gegeben (z. B. Wettbewerber, Marktanteile und Patente) [AHW+18].
- **Validierungssysteme:** Die einzelnen Module eines Produktprofils müssen validiert werden. In diesem Modul wird dokumentiert, wie diese validiert werden [AHW+18].
- **Rahmenbedingungen:** Hier werden Rahmenbedingungen beschrieben, die berücksichtigt werden müssen, aber nicht direkt beeinflusst werden können [AHW+18].

Bewertung: Das Produktprofilschema wird in der Produktfindung zur Beschreibung und zum Vergleich von Produktideen verwendet. Hier fungiert es als Produktideen-Steckbrief und umfasst u. a. wesentliche Informationen über Produktzweck, Markt, Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen. Das bedeutet, es wird nicht ausschließlich der Nutzer fokussiert. Der Ansatz lässt offen, wie die notwendigen Informationen erhoben und das Wissen der Mitarbeiter einbezogen werden. Probleme und Aufgaben von Kunden werden nicht explizit adressiert. Die Produktprofile werden nicht im Sinne des Model-Based Systems Engineerings modelliert. Grundsätzlich unterstützen Produktprofile die Identifikation von Produktideen mit hohem Kundennutzenpotential.

3.2.5 Customer Journey Map / User Story Map

Eine Customer Journey (dt. Kundenreise) beschreibt den Weg eines Kunden entlang von Berührungspunkten (engl. *touchpoints*) mit einem Unternehmen, dessen Produkten oder Dienstleistungen. Der weitverbreitete Ansatz stammt aus dem Marketing und wird insbesondere im Dienstleistungsmanagement und dem Multichannel-Management¹² verwendet [BOM08]. In der Customer Journey-Analyse steht häufig der Kaufprozess bzw. Beschaffungsprozess der Kunden im Fokus und die damit verbundenen Kundenerfahrungen (engl. Customer Experience). Der Kaufprozess umfasst nach LEMON und VERHOEF drei Phasen: Pre-Sales-Information (z. B. Produktsuche), Kauf (z. B. Auswählen) und After-Sales (z. B. Nutzung) [LV16, S. 77].

Zur Darstellung und Analyse einer Customer Journey kann die Methode *Customer Journey Map (CJM)* verwendet werden [Köb18, S. 337]. Ziel der Methode ist es, die wesentlichen Berührungspunkte/Aktivitäten der Kunden aufzudecken und Kundenbedürfnisse, Kundenerfahrungen, Erwartungen und Probleme zu identifizieren. Ein Fokus der CJM liegt auf der Analyse bestehender Berührungspunkte und Aktivitäten von Kunden mit Produkten und Dienstleistungen. Hierzu wird eine Ist-Customer Journey Map erstellt [Rob16, S. 103]. Die Erkenntnisse der Analyse können bspw. in der Produktplanung, der Produktentwicklung und dem Marketing verwendet werden [Köb18, S. 337]. Aufgrund

¹² “Multichannel customer management is the design, deployment, coordination, and evaluation of channels through which firms and customers interact, with the goal of enhancing customer value through effective customer acquisition, retention, and development” [NGL+06, S. 95].

der weiten Verbreitung der Methode existiert eine Vielzahl an Varianten der CJM. Alle Maps umfassen grundsätzlich [KO17, S. 137f.]:

- eine Ausrichtung der Berührungs punkte/Aktivitäten an einer Zeitachse,
- eine Visualisierung eines Vertreters einer Zielgruppe bzw. einer Persona,
- Informationen zu den Berührungs punkten/Aktivitäten (z. B. Probleme, Bedürfnisse und Ideen) und
- eine Bewertung der Leistung an den Berührungs punkten bzw. in den Aktivitäten aus Kundensicht (z. B. Kundenzufriedenheit) [KO17, S. 137f.].

Eine an die CJM angelehnte Methode ist die User Story Map. Diese wurde 2009 von PATTON veröffentlicht [Pat09], [Pat14]. Die Methode dient – anders als die CJM – insbesondere zur Identifikation und Spezifikation von Anforderungen in Softwareentwicklungsprojekten. Hierzu werden sog. User Stories als Anforderungen aus Kundensicht in Alltagssprache spezifiziert. Das Konzept der User Stories wurde 1999 von KENT entwickelt und ist wichtiger Bestandteil der agilen Softwareentwicklung [Ken99]. Die User Stories werden auf sog. Story-Karten geschrieben (z. B. Klebezettel). Die User Story Map arrangiert die Story-Karten in einer logischen Abfolge und schafft dadurch einen Überblick über alle User Stories. Hierzu werden auf der obersten Ebene, dem sog. Backbone, die übergeordneten Aktivitäten von Software-Anwendern in einer zeitlichen Abfolge beschrieben, ähnlich einer Customer Journey [Glo14, S. 100ff.]. Diese stellt den gewöhnlichen Arbeitsablauf eines Anwenders dar. Unter den Aktivitäten werden wiederum in einer zeitlichen Reihenfolge die User Stories angeordnet. Diese können vertikal durch weitere User Stories detailliert und priorisiert werden [Pat14].

Bewertung: Die Customer Journey Map ist zur Analyse von Kundenaktivitäten und Berührungs punkten mit Produkten und Dienstleistungen geeignet. Der Schwerpunkt der Methode liegt auf der Analyse von Kundenkaufprozessen in Business-to-Customer-Märkten zur Verbesserung der Customer Experience. Mit der CJM kann die Leistungsfähigkeit von Produkten und Dienstleistungen hinsichtlich der Zufriedenheit einzelner Kunden in bestimmten Situationen analysiert werden. Dies ermöglicht die situationsspezifische Identifikation von Kundenproblemen und eine Fokussierung der Ideenfindung auf Bereiche mit hohem Kundennutzenpotential. Die Methode fokussiert insbesondere Dienstleistungen. Informationen und Wissen der Mitarbeiter über Kunden können in Workshops einbezogen werden. Die Bewertung von Ideen steht nicht im Vordergrund.

Die User Story Map ist insbesondere zur Findung und Spezifikation von Kundenanforderungen in agilen Softwareentwicklungsprojekten geeignet. Eine Analyse bestehender Software-Produkte bspw. hinsichtlich Kundenproblemen wird nicht unterstützt. Die Methode ermöglicht eine Priorisierung von Anforderungen.

Beide Ansätze sind zur Analyse von Produkten im produzierenden Gewerbe und zur Unterstützung der Suche von Zusatzeigenschaftsideen nur eingeschränkt geeignet. Eine

Identifikation von Ideen mit hohem Kundennutzenpotential wird nicht unterstützt. Beide Ansätze fokussieren keine modellgestützte Beschreibung und Dokumentation.

3.3 Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen

Zur Bewertung von Ideen und Alternativen besteht eine Vielzahl an Methoden [Ges06, S. 235ff.]. Einen Überblick über Bewertungsmethoden geben bspw. [Mar95, S. 5ff.], [Ada12, S. 257ff.], [FG13, S. 380ff.]. Vor dem Hintergrund der gestellten Anforderungen werden verschiedene Bewertungsmethoden analysiert, die nach MARTINO den Rangfolgeverfahren zugeordnet werden, wie **Nutzwertanalyse** (vgl. Abschnitt 3.3.1) und **Analytic Hierarchy Process** (vgl. Abschnitt 3.3.2). Ferner werden die Ansätze **Zielwirkungsbestimmung** (vgl. Abschnitt 3.3.3) und **Conjoint-Analyse** (vgl. Abschnitt 3.3.4) untersucht, die ebenfalls Rangfolgen erzeugen.

3.3.1 Nutzwertanalyse nach Zangemeister

Die Nutzwertanalyse (NWA) hat ihren Ursprung in der volkswirtschaftlichen Utility Analysis und wurde 1970 erstmals von ZANGEMEISTER im deutschsprachigen Raum vorgestellt [Zan70], [FG13, S. 390]. Es handelt sich um eine Methode zur multikriteriellen Entscheidungsunterstützung zur Auswahl von komplexen (Handlungs-)Alternativen. Die Nutzwertanalyse ist die

„Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung der Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen“ [Zan70, S. 45].

Zur Durchführung einer Nutzwertanalyse müssen Bewertungskriterien und eine Bewertungsskala (z. B. 0 bis 10) festgelegt werden. Um die Bedeutung der jeweiligen Kriterien in die Bewertung einfließen zu lassen, werden Gewichtungsfaktoren der Bewertungskriterien bestimmt. Hierfür schlägt ZANGEMEISTER die Aufstellung eines hierarchischen Zielsystems vor. Darin werden Ziele definiert, die wiederum aus Teilzielen bestehen und auf der untersten Ebene als Zielkriterien bzw. Bewertungskriterien bezeichnet werden [Zan70, S. 73ff.]. Die Gewichtung der Bewertungskriterien erfolgt anhand der aufgestellten Zielhierarchie, wobei die Gewichtungsfaktoren zwischen 0 und 1 liegen. Dabei muss die Summe der Gewichtungsfaktoren der Bewertungskriterien gleich 1 sein, um eine prozentuale Gewichtung der Teilziele untereinander zu erreichen [FG13, S. 390]. Für die Bewertungskriterien sind Eigenschaftsgrößen zu bestimmen und einer Maßzahl auf einer festgelegten Skala zuzuordnen. Durch die Multiplikation der einzelnen Maßzahlen mit den jeweiligen Gewichtungsfaktoren wird die Wertungszahl bestimmt. Die Summe der

einzelnen Wertungszahlen ergibt den Nutzwert für eine bestimmte Alternative. Die Zusammenhänge können in einer Nutzwertmatrix dargestellt werden [Zan70], [FG13, S. 392].

Bewertung: Die Nutzwertanalyse unterstützt durch ein systematisches Vorgehen die Auswahl von Alternativen. Die Methode ist in der Praxis weit verbreitet und für eine mehrdimensionale Bewertung von Ideen in der Produktfindung geeignet [PAB01, S. 72]. Ideen werden anhand gewichteter Bewertungskriterien bewertet. Die Bewertung in interdisziplinären Gruppen ist möglich. Das Bewertungsergebnis ist stark von den gewählten Bewertungskriterien und den Gewichtungsfaktoren abhängig. Gleichzeitig führt eine große Anzahl an Bewertungskriterien zu einem hohen Bewertungsaufwand. Vor diesem Hintergrund ist die Auswahl geeigneter Bewertungskriterien entscheidend, die Anzahl an Kriterien ist zu begrenzen und die Methode mit anderen Methoden zu kombinieren.

3.3.2 Analytic Hierarchy Process nach SAATY

Der Analytic Hierarchy Process (AHP) wurde 1980 von SAATY als Alternative zur Nutzwertanalyse entwickelt [Saa80], [Saa08]. Die Methode dient der multikriteriellen Entscheidungsunterstützung bei komplexen Entscheidungsproblemen. Entscheidungsprobleme werden hierbei hierarchisch in Teilprobleme unterteilt. Im einfachsten Fall erfolgt eine Aufgliederung des Entscheidungsproblems in eine Hierarchie, bestehend aus den drei Ebenen Ziel-, Kriterien- und Alternativenebene (siehe Bild 3-14) [BR04, S. 15ff.].

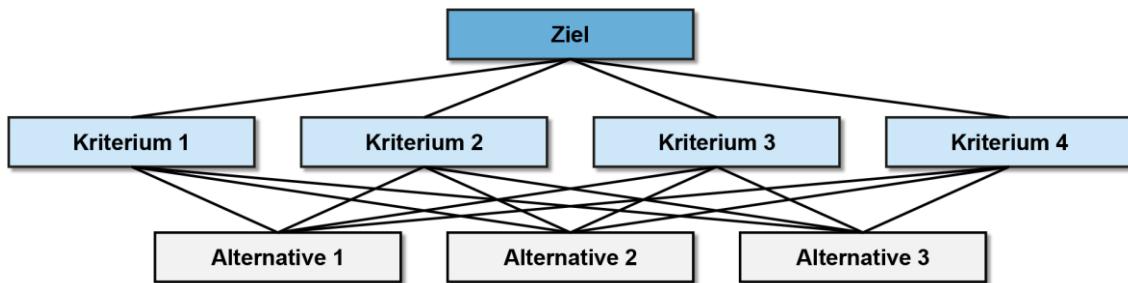


Bild 3-14: Einfache AHP-Hierarchie (angelehnt an [Saa90, S. 14])

Der AHP folgt einem Vorgehensmodell mit sechs Phasen. Die einzelnen Phasen werden nachfolgend kurz erläutert [BR04, S. 15ff.]:

- 1) **Aufstellen einer Hierarchie:** Das Entscheidungsproblem wird in einer Hierarchie aus Zielen, Kriterien (ggf. mit Subkriterien) und Alternativen untergliedert [Saa08, S. 84].
- 2) **Bestimmung der Prioritäten:** Die Hierarchie wird anschließend strukturiert durchlaufen, indem zwei Kriterien oder zwei Alternativen paarweise in Bezug auf die Erfüllung eines gemeinsamen Oberkriteriums verglichen werden [Saa08, S. 84]. Die Paarvergleiche werden nacheinander durchgeführt und setzen alle Elemente, die ein

gemeinsames direktes Oberkriterium besitzen, in Beziehung zueinander. Bewertet wird auf der Skala „1 \leq gleich wichtig“ bis „9 \leq extrem wichtig“ [BR04, S. 16].

- 3) **Aufstellen von Matrizen:** Im dritten Schritt werden Matrizen aufgestellt. Die Ergebnisse werden in Bewertungsmatrizen dokumentiert. Hierbei wird eine Skala von „1/9 \leq viel schlechter“ über „0 \leq gleichbedeutend“ bis „9 \leq viel besser“ verwendet [BR04, S. 16].
- 4) **Bestimmung der Eigenvektoren:** Für alle Matrizen werden die Eigenvektoren berechnet und normalisiert. Es resultieren die kriterienspezifische Bewertung aller Alternativen und die Gewichtung der Kriterien [BR04, S. 17].
- 5) **Konsistenzanalyse:** Durch die Bestimmung des maximalen Eigenwertes wird die Konsistenz der Entscheidungshierarchie bestimmt. Die Inkonsistenz sollte nicht über 10 % liegen, ansonsten sollten die Bewertungsmatrizen überprüft werden [Saa90, S. 13], [BR04, S. 17].
- 6) **Berechnung der Gesamthierarchie:** Die Bewertungsergebnisse werden mit der Gewichtung der Subkriterien multipliziert und entsprechend der Bewertungshierarchie aufsummiert. Es resultiert eine Rangfolge der Alternativen [Saa08, S. 84].

Bewertung: Der AHP ermöglicht eine multikriterielle Bewertung von Alternativen. Es werden keine Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien vorgeschlagen. Die Bewertung folgt einem formalen Vorgehensmodell und umfasst in der Regel eine Vielzahl von paarweisen Vergleichen. Der Bewertungsaufwand ist gegenüber einer Nutzwertanalyse (NWA) höher. Bei Berücksichtigung vieler Kriterien und Alternativen ist der Bewertungs- und Berechnungsaufwand erheblich und macht ein Software-Werkzeug notwendig. Ein Vorteil gegenüber der NWA ist die Möglichkeit zur Konsistenzprüfung.

3.3.3 Zielwirkungsbestimmung nach WLEKLINSKI

Das Ziel der Zielwirkungsbestimmung nach WLEKLINSKI ist die Identifikation von Elementen eines Systems, die einen starken Beitrag zu vielen Entwicklungszielen leisten. Die Zielwirkungsbestimmung ist Teil der Methode zur Effektivitäts- und Effizienzbewertung der Entwicklung maschinenbaulicher Anlagen, auf deren vollständige Darstellung an dieser Stelle verzichtet wird [Wle01, S. 101ff.].

Um Systemelemente zu identifizieren, die einen starken Beitrag zu vielen Zielen leisten, wird zunächst eine Zielbeitragsmatrix aufgestellt. In dieser werden in die Kopfzeile die Systemelemente und in die Kopfspalten die Entwicklungsziele eingetragen. In der Zielbeitragsmatrix wird jeweils die Frage beantwortet: „Wie stark trägt das Systemelement i (Zeilen) zu den Entwicklungszielen j (Spalten) bei?“ Bewertet wird von 0 (das Systemelement liefert keinen Beitrag zu den Entwicklungszielen) bis 3 (das Systemelement liefert einen starken Beitrag zum jeweiligen Entwicklungsziel). Die Zielbeitragsmatrix wird

durch drei Kennwerte ausgewertet: Breitenwirkung, Tiefenwirkung und Zielwirkung [Wle01, S. 101ff.].

Breitenwirkung: Systemelemente, die einen Beitrag zu vielen Entwicklungszielen liefern, haben eine große Breitenwirkung. Dabei ist Breitenwirkung unabhängig vom Zielbeitrag eines Systemelements, wenn dieser größer als 0 ist. Der Kennwert ergibt sich aus dem prozentualen Anteil der durch das Systemelement unterstützten Entwicklungsziele an der Gesamtheit aller Entwicklungsziele [Wle01, S. 101ff.].

Tiefenwirkung: Eine hohe Tiefenwirkung bedeutet, dass ein hoher durchschnittlicher Beitrag eines Systemelements zu den adressierten Entwicklungszielen besteht. Berechnet wird der Kennwert durch die Summe der Zielbeiträge eines Systemelements geteilt durch die Anzahl an adressierten Entwicklungszielen. Adressierte Ziele haben einen Zielbeitrag größer als 0 [Wle01, S. 101ff.].

Zielwirkung: Mit der Breiten- und Tiefenwirkung kann ein weiterer Kennwert bestimmt werden, die Zielwirkung. Systemelemente mit hoher Breiten- und Tiefenwirkung haben eine hohe Zielwirkung. Erreichen die Systemelemente nur in einer der beiden Kennwerte einen hohen Wert, so besitzen diese eine mittlere Zielwirkung. Werden in beiden Kennwerten keine hohen Werte erreicht, liegt eine niedrige Zielwirkung vor. Die Zielwirkung kann auch mathematisch aus dem Skalarprodukt des Ortsvektors und dem Gewichtsverhältnis-Normaleneinheitsvektor bestimmt werden. Der Ortsvektor hat als x-Koordinate den Wert der Breitenwirkung und als y-Koordinate den Wert der Tiefenwirkung. Eine Gewichtung von Breitenwirkung und Tiefenwirkung kann durch den Gewichtsverhältnis-Normaleneinheitsvektor vorgenommen werden [Wle01, S. 101ff.].

Bewertung: Die Methode zur Zielwirkungsbestimmung ermöglicht die Identifikation von Systemelementen, die einen starken Beitrag zu vielen Zielen leisten. Hierfür werden drei Kennwerte bestimmt: Breitenwirkung, Tiefenwirkung und Zielwirkung. Die Methode gibt als Bewertungskriterium den Beitrag von Systemelementen zu Entwicklungszielen vor. Eine Gewichtung ist möglich. Die Berechnung der Kennwerte ist plausibel und nachvollziehbar. Der Bewertungsaufwand ist abhängig von der Anzahl der Elemente und Ziele. Zur Anwendung der Methode ist keine besondere Einarbeitung notwendig. Die Bewertungsmethode wurde nicht für die Bewertung von Ideen entwickelt. Eine Adaption des Ansatzes zur Bewertung von Ideen hinsichtlich Zielwirkung auf strategische Ziele erscheint erfolgversprechend.

3.3.4 Conjoint-Analyse

Die Conjoint-Analyse wurde 1964 erstmals in den Arbeiten von LUCE und TUKEY erwähnt [LT64]. Sie wurde als axiomatisches Verfahren der mathematischen Psychologie konzipiert. Die Einführung in das Marketing und eine anwendungsorientierte Interpretation erfolgten 1971 durch GREEN und RAO [GR71]. Die Conjoint-Analyse wird heute

häufig in der Marktforschung eingesetzt, um die Präferenzen von Konsumenten zu erheben [GKW01, S. 117ff.]. Mit dem multivariaten Verfahren kann analysiert werden, in welchem Maß Eigenschaften bzw. Eigenschaftsausprägungen eines Produkts zum Gesamtnutzen dieses Produkts für Kunden beitragen [Hom17, S. 114]. In dem Verfahren vergleichen Probanden mehrere Produkteigenschaften gleichzeitig miteinander und drücken eine Präferenz aus. Daraus werden der Teilnutzen der einzelnen Produkteigenschaftsausprägungen und der Gesamtnutzen eines Produkts bestimmt. Häufig werden nicht nur fertige Produkte, sondern Konzepte für potentielle neue Produkte betrachtet [BEP+16, S. 176]. Anwendungsschwerpunkte im Marketing sind die Neuproduktplanung, Schätzung von Preisabsatzfunktionen und Marktsegmentierung [BB09, S. 9]. Es gibt eine Vielzahl an Verfahrensvarianten, die sich zwei Gruppen zuordnen lassen, der traditionellen und der auswahlbasierten Conjoint-Analyse [BEP+16, S. 518]:

- In der **traditionellen Conjoint-Analyse** werden Alternativen in eine Rangordnung gebracht, die den persönlichen Präferenzen eines Probanden entspricht. Dabei wird unterstellt, dass der Proband über ein vollständig determiniertes Präferenzmodell verfügt, um eine vollständige Rangordnung aufstellen zu können [BEP+16, S. 518].
- Bei der **auswahlbasierten Conjoint-Analyse** nimmt ein Proband eine konkrete Auswahl aus der betrachteten Menge an Alternativen vor. Es wird also keine Präferenzrangfolge über alle Alternativen erstellt, sondern aus einer Menge von Alternativen wird eine geeignete ausgewählt. Dabei kann auch keine Alternative gewählt werden [BEP+16, S. 518].

Die traditionelle Conjoint-Analyse umfasst nach BACKHAUS ET AL. fünf Phasen. Diese werden nachfolgend vorgestellt [BEP+16, S. 522ff.]:

- 1) **Ermittlung der Eigenschaften und Eigenschaftsausprägungen:** Es werden die Eigenschaften und die Eigenschaftsausprägungen eines Produkts festgelegt [BEP+16, S. 522ff.].
- 2) **Festlegung des Erhebungsdesigns:** Die Art der Stimuli und die Anzahl der Stimuli werden festgelegt. Unter einem Stimulus wird eine Kombination von Eigenschaftsausprägungen verstanden, die eine Versuchsperson bewertet. Folgende Arten von Stimuli können verwendet werden: Profilmethode oder Zwei-Faktoren-Methode. Bei der Profilmethode werden komplette Produktprofile miteinander verglichen; das bedeutet, ein Stimulus besteht aus der Kombination einer Ausprägung aller Eigenschaften. Der Stimulus der Zwei-Faktoren-Methode besteht dagegen aus lediglich zwei Eigenschaften [BEP+16, S. 522ff.].
- 3) **Bewertung der Stimuli:** Die Probanden können die Stimuli durch eine Rangreihung der einzelnen Stimuli bewerten. Dabei werden die Stimuli nach dem empfundenen Nutzen mit Rangwerten versehen. Der Rang gibt die Präferenz eines Probanden für den jeweiligen Stimulus an [BEP+16, S. 522ff.].

- 4) **Schätzung der Nutzenwerte:** Auf Grundlage der empirisch ermittelten Rangfolgen der Stimuli werden Teilnutzenwerte für alle Eigenschaftsausprägungen geschätzt. Aus den Teilnutzenwerten werden die Gesamtnutzenwerte aller Stimuli und die relativen Wichtigkeiten aller Eigenschaften bestimmt. Die Nutzenwerte werden hierbei für jeden einzelnen Probanden ermittelt [BEP+16, S. 529ff.].
- 5) **Aggregation der Nutzenwerte:** Auf Basis der Schätzungen aller Teilnutzenwerte aller Probanden werden die individuellen Nutzenstrukturen zu einem Gesamtergebnis normiert und dann aggregiert. Als Ergebnis liegen die Nutzenwerte für die adressierten Zielgruppen vor [BEP+16, S. 529ff.].

Bewertung: Die Conjoint-Analyse ermöglicht die Bewertung von Eigenschaftskombinationen hinsichtlich des Kundennutzens. Dadurch können Produkte und Produktkonzepte an Kundenanforderungen und Kundenbedürfnisse ausgerichtet werden. Die Conjoint-Analyse ist aufwendig und setzt eine Kundenbefragung voraus. Die Bewertung der Eigenschaften kann Probanden überfordern, wenn diese keine eigene Vorstellung hinsichtlich der Eigenschaften besitzen. Die Stabilität der Präferenzstruktur für bestimmte Eigenschaftsausprägungen über die Zeit ist fraglich [BB09, S. 10]. Insgesamt ist die Methode plausibel und nachvollziehbar. Für eine Bewertung einer großen Anzahl von Eigenschaftsideen ist die Methode aufgrund des hohen Bewertungsaufwandes ungeeignet. Die Bewertung weiterer Dimensionen (z. B. Strategiekonformität) wird nicht unterstützt.

3.4 Bewertung des Stands der Technik

In den vorangegangenen Abschnitten von Kapitel 3 wurden die verschiedenen Ansätze anhand der in Abschnitt 2.8 abgeleiteten Anforderungen bewertet. Im Folgenden erfolgt zusätzlich eine Bewertung je Anforderung an eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*, die in Bild 3-15 zusammenfassend dargestellt ist:

A1) Integraler Bestandteil der Produktgenerationenplanung: Einige der untersuchten Ansätze sind integraler Bestandteil der strategischen Produktplanung. Geeignete Aspekte der Ansätze sind daher für die angestrebte Systematik zu prüfen und ggf. zu adaptieren. Keiner der untersuchten Ansätze adressiert die Suche und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen in der Produktgenerationenplanung.

A2) Anwendbarkeit: Einigen Ansätzen mangelt es an einem klaren und verständlichen Vorgehen. Mehrere Ansätze sind einfach handhabbar und wirtschaftlich anwendbar. In der Regel ist dies auf einen geringen Einarbeitungsaufwand und die Verständlichkeit der durchzuführenden Tätigkeiten zurückzuführen. Eine praktikable Anwendung ist essentiell für die Akzeptanz eines Ansatzes in der Praxis. Im Hinblick auf die zu entwickelnde Systematik scheiden alle Ansätze mit schlechter Anwendbarkeit aus.

A3) Modellgestützte Systembeschreibung: Keiner der untersuchten Ansätze wird der Anforderung vollständig gerecht. Die untersuchten Ansätze zur Geschäftsprozessmodellierung BPMN und OMGEA sind hervorragend zur Spezifikation von Geschäftsprozessen geeignet; technische Systeme können dagegen nur ungenügend spezifiziert werden. Die Ansätze CONSENS und SysML ermöglichen zwar eine umfangreiche Beschreibung technischer Systeme im Sinne des Model-Based Systems Engineerings; diese können allerdings die Geschäftsprozesse von Kunden nur eingeschränkt abbilden. Daher bietet sich eine Kombination der Ansätze an.

A4) Nutzbarmachung von Systemmodellen: Die untersuchten Modellierungssprachen eignen sich grundsätzlich zur Nutzbarmachung von Systemmodellen. Neben den Sprachen wurden Methoden untersucht, die die Modelle verwenden. Von den untersuchten Ansätzen adressiert nur der Ansatz nach KÜHN ein umfangreiches bestehendes Systemmodell im Sinne des Model-Based Systems Engineerings. Die Erstellung spezifischer Sichten auf ein umfangreiches bestehendes Systemmodell zur Durchführung einer Situationsanalyse und zur Suche von Zusatzeigenschaftsideen in der Produktgenerationenplanung wird von keinem Ansatz unterstützt.

A5) Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme: Keiner der untersuchten Ansätze erfüllt die Anforderung. Die Analyse der Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften in der Ideenfindung wird von keiner der untersuchten Methoden systematisch unterstützt (vgl. Abschnitt 2.5.3). Die untersuchten Ansätze ermöglichen die systematische Erschließung von Nutzenpotentialen des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen nicht.

A6) Berücksichtigung von Kundenaufgaben und Kundenproblemen: Diese Anforderung wird von keinem Ansatz vollständig erfüllt. Die Ansätze nach OSTERWALDER ET AL., nach ULWICK und der Design-Thinking-Ansatz unterstützen die Identifikation von Problemen und Aufgaben von Kunden in Workshops explizit, die anderen Ansätze berücksichtigen diese implizit. Ein Mangel zeigt sich insbesondere in der fehlenden Systematisierung. Alle Ansätze adressieren überwiegend Benutzer als Kunden. Stakeholder von Buying-Centern im produzierenden Gewerbe werden nicht explizit adressiert. Die Herstellung eines Problemverständnisses wird kaum unterstützt, da es an geeigneten Vorlagen zur systematischen Dokumentation von Zielen, Aufgaben und Problemen von Kunden bzw. Stakeholdern sowie Zusatzeigenschaftsideen mangelt.

A7) Modellgestützte Kundenbeschreibung und Analyse: Keiner der untersuchten Ansätze ermöglicht eine modellgestützte Beschreibung und Dokumentation der komplexen Zusammenhänge von Kunden, Kundenaufgaben, Kundenproblemen und Zusatzeigenschaftsideen im Sinne des Model-Based Systems Engineerings. Demzufolge wird die Analyse dieser Zusammenhänge nicht unterstützt.

A8) Bewertungskriterien für eine pragmatische Bewertung von Ideen: Bewertungskriterien werden nur von wenigen Ansätzen zur Verfügung gestellt, wie dem Jobs-to-be-

done-Ansatz nach ULWICK und dem Design Thinking. Es werden keine speziellen Kriterien zur Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen vorgeschlagen. Eine pragmatische Bewertung in der frühen Phase der Produktentstehung wird insbesondere durch die Ansätze Zielwirkungsbestimmung und Nutzwertanalyse unterstützt. Diese Ansätze ermöglichen die Bewertung in einem Workshop. Der AHP und die Conjoint-Analyse sind für eine pragmatische Bewertung einer hohen Anzahl von Ideen nur eingeschränkt geeignet.

A9) Plausibilität und Nachvollziehbarkeit der Bewertung: Die untersuchten Ansätze zur Bewertung von Ideen ermöglichen eine eindeutige, vergleichbare und reproduzierbare Bewertung von Ideen. Die Berechnungsvorschriften sind allgemeinverständlich. Durch die Bestimmung eines Inkonsistenzfaktors ermöglicht der AHP-Ansatz die Aufdeckung von Inkonsistenzen in der Bewertung. Grundsätzlich erlauben die untersuchten Methoden zur Bewertung von Ideen eine nachvollziehbare Auswahl von Ideen. Die Bewertungen im Jobs-to-be-done-Ansatz und beim Design Thinking sind jedoch nur teilweise nachvollziehbar.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass keiner der untersuchten Ansätze und auch keine triviale Kombination alle Anforderungen aus Abschnitt 2.8 vollständig erfüllen. Entscheidende Defizite sind eine häufig fehlende Systematisierung, eine starke Fokussierung auf Benutzer als Kunden, eine nicht modellgestützte Beschreibung und Dokumentation, eine schlechte Anwendbarkeit und die unzureichende Verzahnung der Ansätze durch ein geeignetes Vorgehensmodell in der Produktfindung. Des Weiteren mangelt es an Methoden und Vorgehensweisen, die bestehende Systemmodelle für die Suche und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen in der Produktgenerationenplanung nutzbar machen. Dies gilt insbesondere für die Erschließung von Nutzenpotentialen des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen und einer pragmatischen Bewertung von Ideen. Viele Ansätze adressieren somit nur Teila-spekte des Gesamtproblems. Es besteht demnach dringender Handlungsbedarf für eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*.

		Anforderungen (A)								
		Int. Bestandteil der Produktgenerationenplanung	Anwendbarkeit	Modellgestützte Systembeschreibung von Systemmodellen	Nutzbarmachung v. Nutzenpot. des Wandels tech. Systeme	Berücksichtigung v. Kundenanforderungen und -problemen	Modellgestützte Kundenbeschreibung und Analyse	Bewertungskriterien für die prag. Bewertung von Ideen	Plausibilität und Nachvollziehbarkeit der Bewertung	
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Referenzmodellgestützte Ideenfindung	Sprachen	SysML								
		CONSENS								
	Methoden	BPMN								
		OMEGA								
	Wertanalyse	Wertanalyse								
		HLB-Layer-Methode nach MÜLLER UND STARK								
		Quality Function Deployment nach YŌJI AKAO								
		Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge nach ECHTERHOFF								
		Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme nach KÜHN								
Bewertung und Auswahl von Ideen	Kundenorientierte Ideenfindung	Value Proposition Design nach OSTERWALDER								
		Jobs-To-Be-Done-Theory nach ULRICK								
		Design Thinking								
		Produktprofil nach ALBERS								
	Nutzwertanalyse	Customer Journey								
		Nutzwertanalyse nach ZANGEMEISTER								
		Analytic Hierarchy Process nach SAATY								
		Zielwirkungsbestimmung nach WLEKLINSKI								
		Conjoint-Analyse								

Bild 3-15: Bewertung des untersuchten Standes der Technik anhand der Anforderungen

4 Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung

„Das Alte auf eine neue Weise tun – das ist Innovation.“ – JOSEPH ALOIS SCHUMPETER

Dieses Kapitel stellt den Kern der vorliegenden Arbeit dar. Es stellt die *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung* vor. Die Systematik soll die in der Problemanalyse ermittelten Handlungsfelder und Anforderungen (vgl. Abschnitt 2.7 u. 2.8) sowie den im Stand der Technik identifizierten Handlungsbedarf erschließen (vgl. Abschnitt 3.4).

Mit der Systematik sollen Unternehmen in die Lage versetzt werden, erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen zu finden, um neue Produktgenerationen aus Kundensicht zu differenzieren. Hierfür wird die Suche und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen in der modellgestützten Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung unterstützt.

In Abschnitt 4.1 wird zunächst ein **Überblick über die Bestandteile der Systematik** gegeben. Zur integrierten Anwendung der Methoden und Werkzeuge der Systematik wird in Abschnitt 4.2 ein **Vorgehensmodell** vorgestellt. Dieses umfasst die Phasen referenzmodellgestützte Ideenfindung, kundenorientierte Ideenfindung sowie Bewertung und Auswahl. Gegenstand von Abschnitt 4.3 sind **drei Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung**. Die Methoden dienen der Analyse des Suchfelds Vorgängergereneration und der Suche von Zusatzeigenschaftsideen. In Abschnitt 4.4 wird für die **kundenorientierten Ideenfindung** die **Anforderungsprofil-Map** vorgestellt. Diese Methode dient der Suche von Zusatzeigenschaftsideen auf Basis von Kundenbedürfnissen. Abschließend wird in Abschnitt 4.5 eine **Methode zur Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen** vorgestellt.

4.1 Überblick über die Systematik

Der Überblick über die *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung* wird anhand der Bestandteile präsentiert (siehe Bild 4-1); diese adressieren jeweils ein in Abschnitt 2.7 identifiziertes Handlungsfeld: Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung (vgl. Abschnitt 4.2), referenzmodellgestützte Ideenfindung (vgl. Abschnitt 4.3), kundenorientierte Ideenfindung (vgl. Abschnitt 4.4) und Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen (vgl. Abschnitt 4.5). Im Folgenden werden die Bestandteile der *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung* kurz vorgestellt:

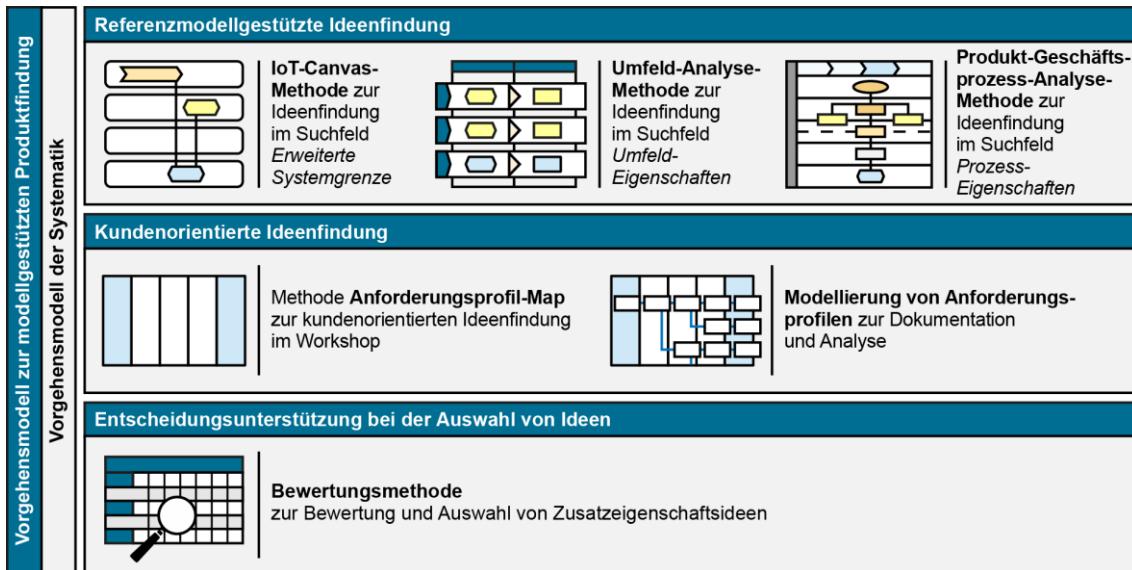


Bild 4-1: Überblick über die Systematik

Handlungsfeld 1: Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung

Vorgehensmodell der Systematik: Das Vorgehensmodell führt durch die Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung, beschreibt Aufgaben/Methoden und zu erwartende Resultate. Es verknüpft die Methoden sowie Werkzeuge und dient als Leitfaden zur integrierten Anwendung. Die entwickelten Methoden sind modular und werden so beschrieben, dass sie auch einzeln angewendet werden können.

Handlungsfeld 2: Referenzmodellgestützte Ideenfindung

Methoden für die referenzmodellgestützte Ideenfindung: Ein wesentlicher Beitrag dieser Arbeit sind die drei Methoden Internet-of-Things-Canvas, Umfeld-Analyse und Produkt-Geschäftsprozess-Analyse. Diese dienen der systematischen Analyse des Suchfelds Vorgängergeneration (vgl. Abschnitt 2.5.3) und der Suche von Zusatzeigenschaftsideen. Hierfür machen die Methoden bestehende Systemmodelle von Vorgängergenerationen durch die Erzeugung geeigneter Sichten für die referenzmodellgestützte Ideenfindung nutzbar. Die Sichten ermöglichen eine Fokussierung auf für die Ideenfindung relevante Modellinhalte.

Handlungsfeld 3: Kundenorientierte Ideenfindung

Methode Anforderungsprofil-Map für die kundenorientierte Ideenfindung: Zur systematischen Analyse von Kunden und Suche von Zusatzeigenschaftsideen für neue Produktgenerationen im produzierenden Gewerbe (Business-to-Business-Märkte) wird die Anforderungsprofil-Map vorgestellt. Diese Methode fokussiert die Analyse der Ziele, Aufgaben und Probleme von Kunden. In interdisziplinären Workshops werden auf Basis von verfügbaren Informationen und dem Wissen der Mitarbeiter Hypothesen über Ziele, Aufgaben und Probleme der Kunden aufgestellt und diese anschließend überprüft. Auf

dieser Grundlage werden Zusatzeigenschaftsideen gefunden, die Kundenbedürfnisse befriedigen. Anforderungsprofile werden zur Dokumentation und Analyse von Kunden und Zusatzeigenschaftsideen modelliert. Es wird ein Ansatz zur semiformalen, graphischen Modellierung von Anforderungsprofilen vorgestellt. Diese Modelle dienen als Grundlage für die Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen.

Handlungsfeld 4: Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen

Bewertungsmethode für die Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen: Es wird eine dreistufige Bewertungsmethode vorgestellt. In dieser werden Zusatzeigenschaftsideen zunächst auf Strategiekonformität geprüft und deren Anzahl reduziert. Strategiekonforme Zusatzeigenschaftsideen werden modellgestützt hinsichtlich Kundenutzenpotential und Synergiepotential bewertet. Zur abschließenden Bewertung und Auswahl von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen wird eine Nutzwertanalyse mit geeigneten Bewertungsdimension und Bewertungskriterien durchgeführt.

4.2 Vorgehensmodell der Systematik

Das Vorgehensmodell der *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung* sieht drei Phasen vor: referenzmodellgestützte Ideenfindung, kundenorientierte Ideenfindung sowie die Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen. Ziel des Vorgehens sind erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen. Im Folgenden werden die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells der Systematik vorgestellt (siehe Bild 4-2):

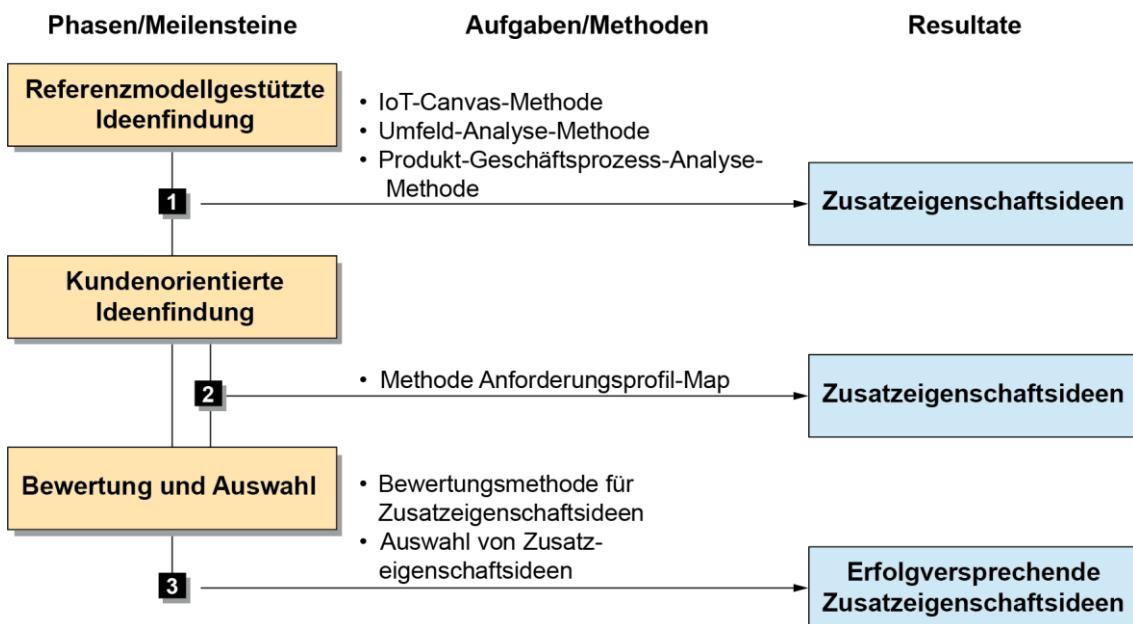


Bild 4-2: Vorgehensmodell der Systematik

Referenzmodellgestützte Ideenfindung: Gegenstand der ersten Phase ist die modellgestützte Suche von Zusatzeigenschaftsideen auf Grundlage von bestehenden Systemmodellen. Es sind die Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme zu erschließen. Dafür werden die Methoden Internet-of-Things-Canvas, Umfeld-Analyse und Produkt-Geschäftsprozess-Analyse zur referenzmodellgestützten Ideenfindung angewendet. Mittels der Methoden wird im Suchfeld Vorgängergeneration das bestehende Systemmodell analysiert. Dazu werden mit den Methoden geeignete Sichten auf ein bestehendes Systemmodell der Vorgängergeneration erzeugt. Die Methoden nutzen spezifische Diagramme zur Sichtenebildung in der Produktfindung. Die Diagramme stellen für die Analyse relevante Modellinhalte eines Systemmodells dar und ermöglichen dadurch die Identifikation von Problemen und Potentialen in der bestehenden Lösung. Indessen wird der kreative Prozess der Suche von Zusatzeigenschaftsideen unterstützt. Gefundene Zusatzeigenschaftsideen werden in Eigenschaftsideen-Steckbriefen dokumentiert. Eine Vorlage für einen solchen Steckbrief mit Leitfragen befindet sich im Anhang in Abschnitt A2.1. Resultat sind dokumentierte Zusatzeigenschaftsideen.

Kundenorientierte Ideenfindung: Gegenstand der zweiten Phase ist die Suche von Zusatzeigenschaftsideen, die das Potential besitzen, Kundenbedürfnisse zu befriedigen und dadurch einen Kundennutzen zu stiften. Es werden Kundenbedürfnisse identifiziert und Zusatzeigenschaftsideen gesucht. Zur Identifikation und Analyse der Bedürfnisse sowie der Suche von Zusatzeigenschaftsideen wird die Anforderungsprofil-Map verwendet. In einer Situationsanalyse wird die bestehende Kundensegmentierung gesichtet und einzelne Kundensegmente werden ausgewählt. Für jedes Segment wird ein spezifisches Anforderungsprofil erstellt. Zur Erstellung der Anforderungsprofile werden die typischen Buying-Center-Stakeholder für jedes Segment identifiziert. Es gilt, Hypothesen¹ über Ziele, Aufgaben und Probleme der Stakeholder aufzustellen und zu überprüfen sowie Zusatzeigenschaftsideen zu finden. Die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen werden in Eigenschaftsideen-Steckbriefen dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1 im Anhang). Resultat sind dokumentierte Zusatzeigenschaftsideen.

Bewertung und Auswahl: Gegenstand der dritten Phase ist die Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen. Die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen werden in drei Stufen bewertet. Zunächst werden alle Zusatzeigenschaftsideen aus der ersten und zweiten Phase des Vorgehens auf Strategiekonformität geprüft. Strategiekonforme Zusatzeigenschaftsideen werden ausgewählt. Anschließend werden das Kundennutzenpotential und das Synergiepotential der Zusatzeigenschaftsideen bestimmt. Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Potential werden ausgewählt. Abschließend werden die verbleibenden Zusatzeigenschaftsideen einer Nutzwertanalyse unterzogen. Hierfür werden fünf Bewertungsdimensionen und 20 Bewertungskriterien vorgeschlagen. Die Dimensionen und Kriterien sind zu gewichten und bei Bedarf unternehmensspezifisch anzupassen. Es werden

¹ Hypothesen sind Vermutungen über strukturelle Eigenschaften der Realität, die überwiegend in Form einer Wenn-dann-Aussage formuliert werden [TW18].

Zusatzeigenschaftsideen mit einem hohen Nutzwert ausgewählt. Resultat sind erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen.

4.3 Referenzmodellgestützte Ideenfindung

In diesem Abschnitt werden drei Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung vorgestellt: **Internet-of-Things-Canvas**, **Umfeld-Analyse** und **Produkt-Geschäftsprozess-Analyse**. Die Methoden unterstützen insbesondere die Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen.

Zur Erschließung der Nutzenpotentiale werden die Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften (vgl. Abschnitt 2.5.3) auf Grundlage von bestehenden Systemmodellen der Vorgängergenerationen analysiert. In der referenzmodellgestützten Ideenfindung werden hierfür Systemmodelle von Vorgängergenerationen durch die Erzeugung spezifischer Sichten nutzbar gemacht. Durch die Sichten wird die Analyse ausgewählter Informationen eines Systemmodells sowie die Identifikation von Problemen und Potentialen in bestehenden Lösungen ermöglicht. Hierfür werden die umfangreichen Informationen eines Systemmodells verknüpft und vereinfacht in verschiedenen Zusammenhängen dargestellt. Die erzeugten Sichten unterstützen dadurch die Analyse sowie den kreativen Prozess der Suche von Zusatzeigenschaftsideen.

Zur Sichtenbildung werden Diagramme verwendet. Diese stellen spezifische Informationen aus dem bestehenden Systemmodell einer Vorgängergeneration dar. Für die Analyse des Suchfelds Vorgängergeneration müssen jeweils verschiedene Informationen aus bestehenden Systemmodellen in den Sichten berücksichtigt und aufbereitet werden. Die Sichten unterstützen mittels Vorgabe von Bereichen und zulässiger Inhalte die Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen (vgl. Abschnitt 2.3).

Die referenzmodellgestützte Ideenfindung setzt bestehende Systemmodelle von Referenzprodukten voraus. Diese Systemmodelle müssen disziplinübergreifend verständlich sein, um dem interdisziplinären Charakter der Systeme gerecht zu werden. Aus der Analyse des Stands der Technik geht hervor, dass die Spezifikationstechnik CONSENS und OMEGA erfolgversprechende Ansätze zur ganzheitlichen und interdisziplinären Beschreibung von Systemen und Geschäftsprozessen sind (vgl. Abschnitt 3.1.1.2 u. 3.1.1.4). Zur Modellierung stellen die Sprachen verschiedene Partialmodelle mit Modellkonstrukten bereit. Zur Darstellung der Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung wird nachfolgend auf ein bestehendes Systemmodell zurückgegriffen.

Systemmodell am Beispiel eines Plattenbelichters

Das Systemmodell besteht aus den kohärenten Partialmodellen Umfeld, Anwendungsszenario, Anforderungen, Funktion, Wirkstruktur, Gestalt, Verhalten und Geschäftsprozess.

Das Bild 4-3 zeigt exemplarisch jeweils einen Ausschnitt aus den Partialmodellen des Systemmodells der Vorgängergeneration eines Plattenbelichters.

Das Partialmodell Umfeld umfasst Umfeldelemente, die in der Regel mit dem Referenzprodukt interagieren. Beispielsweise enthält das Umfeldmodell des Plattenbelichters den „Maschinenbediener“ und das angeschlossene „Platten-Workflow-System“. Die Beziehungen zwischen dem Referenzprodukt und seiner Umgebung werden als Flüsse modelliert. Dabei unterscheidet CONSENS zwischen drei Arten von Flüssen: Energie-, Stoff- und Informationsflüssen. Das Referenzprodukt besitzt Berührungspunkte mit den Geschäftsprozessen der Kunden, die im Partialmodell Geschäftsprozess in der Sprache OMEGA modelliert werden. Zum Beispiel setzt das Element „Plattenbelichter“ des Partialmodells Umfeld den Geschäftsprozess „Wartung“ um.

Die Anwendungsszenarien des Referenzprodukts werden mit CONSENS im Partialmodell Anwendungsszenario textuell beschrieben. Diese werden durch Systemanforderungen im Partialmodell Anforderungen konkretisiert. Zum Beispiel wird das Anwendungsszenario „Betrieb – Störung: Plattenversorgung“ des Plattenbelichters durch die Anforderungen 5.6 und 5.7 im Partialmodell Anforderungen präzisiert.

Die Anwendungsszenarien und Anforderungen werden weiter durch das Partialmodell Funktion konkretisiert. Dazu wird die Gesamtfunktion des Referenzprodukts in Unterfunktionen zerlegt. Die Funktionen werden so weit heruntergebrochen, bis sie Wirkstrukturelementen zugeordnet werden können. Diese Elemente stellen die logischen Komponenten des Referenzprodukts dar. Ihre Beziehungen werden im Partialmodell Wirkstruktur erfasst. Das Partialmodell definiert die logische Architektur des Referenzprodukts. Beispielsweise wird die Funktion „Benutzer informieren“ des Plattenbelichters durch das Wirkelement „HMI-Display“ realisiert. Das Lösungselement Display im Partialmodell Gestalt realisiert das Wirkelement „HMI-Display“. CONSENS definiert auch eine Reihe verhaltensbezogener Modelle, die das dynamische Verhalten des Referenzprodukts und dessen Wechselwirkungen mit der Umwelt erfassen. Im Rahmen dieser Arbeit wird ausschließlich das Verhaltensmodell Verhalten-Aktivität betrachtet. Dieses verwendet Aktivitätsdiagramme, um das dynamische Verhalten des Referenzprodukts und seine Wechselwirkungen mit der Umgebung zu spezifizieren. Zum Beispiel definiert die Aktivität „Betrieb – Störung: Plattenversorgung“ die Wechselwirkungen der Wirkelemente im gleichnamigen Anwendungsszenario.

Das Systemmodell stellt vielfältige Assoziationsbeziehungen zwischen Elementen unterschiedlicher Partialmodelle des Systemmodells dar (siehe Bild 4-3). Die Assoziationsbeziehungen erfassen die logische Beziehung zwischen diesen Elementen. Zum Beispiel setzt das Anwendungsszenario „Betrieb – Störung: Plattenversorgung“ die Funktion „Benutzer informieren“ voraus, die wiederum durch das Systemelement „HMI-Display“ realisiert wird. Die Assoziationsbeziehungen dienen zur Navigation im Systemmodell und sind essentiell für die Erzeugung spezifischer Sichten.

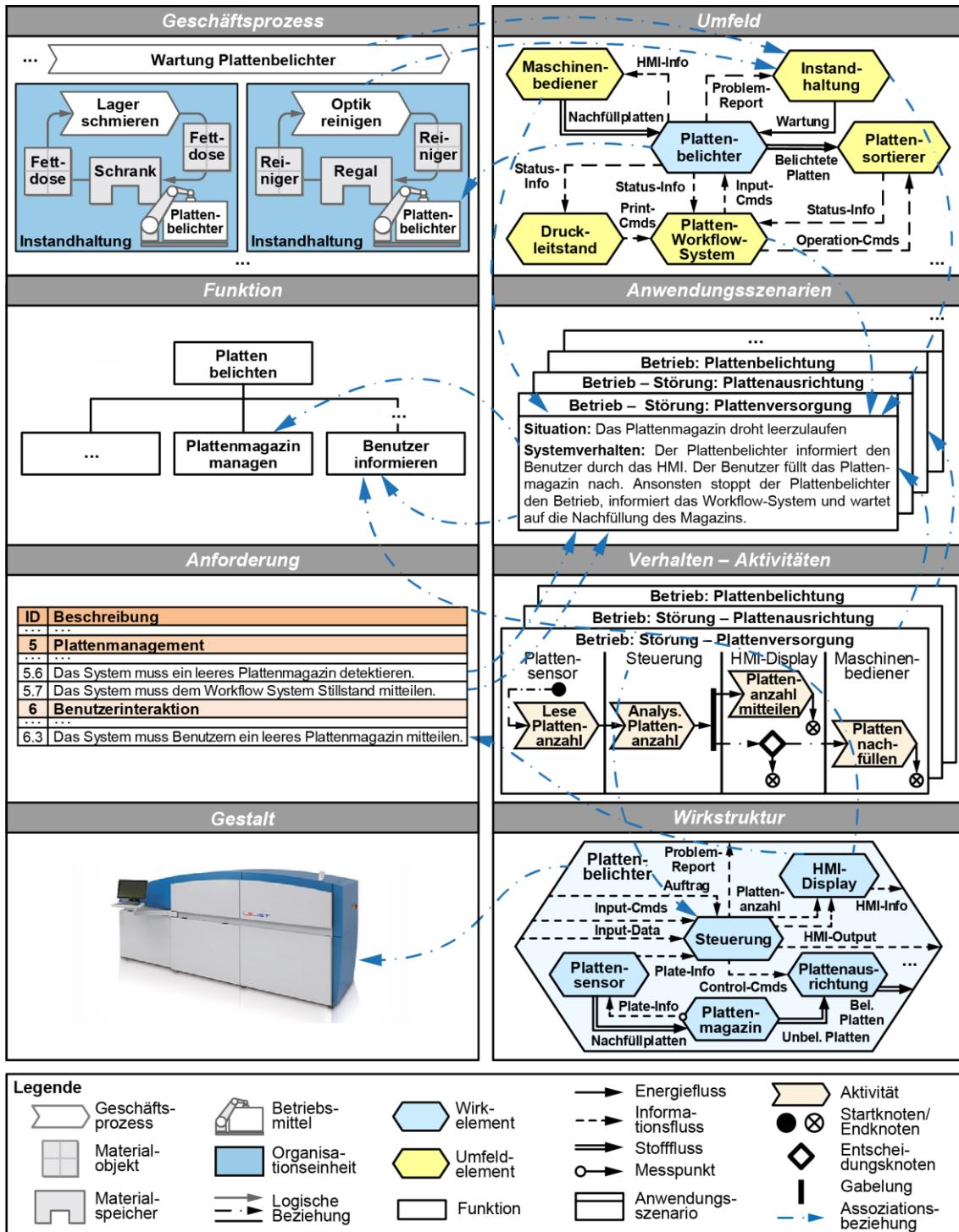


Bild 4-3: Systemmodell eines Plattenbelichters (angelehnt an [ABK+18]) (Auszug)

Internet-of-Things-Canvas, Umfeld-Analyse und Produkt-Geschäftsprozess-Analyse

Ein Kernbeitrag dieser Arbeit sind die drei Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung: Internet-of-Things-Canvas, Umfeld-Analyse und Produkt-Geschäftsprozess-Analyse. Das Suchfeld Vorgängergeneration wird unterteilt in die Suchfelder erweiterte

Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften. Je Suchfeld wird eine Methode zur Analyse und zur Suche von Zusatzeigenschaftsideen vorgestellt (vgl. Abschnitt 2.5.3). Diese Methoden machen bestehende Systemmodelle in der referenzmodellgestützten Ideenfindung durch die Erzeugung spezifischer Sichten nutzbar. Die Inhalte der Sichten überschneiden sich teilweise, um verknüpfte Informationen vereinfacht in verschiedenen Zusammenhängen darzustellen. Hierdurch werden die Analyse und der kreative Prozess der Suche von Zusatzeigenschaftsideen unterstützt. Das Bild 4-4 stellt den Zusammenhang der Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften und den Methoden zur referenzmodellgestützten Ideenfindung dar.

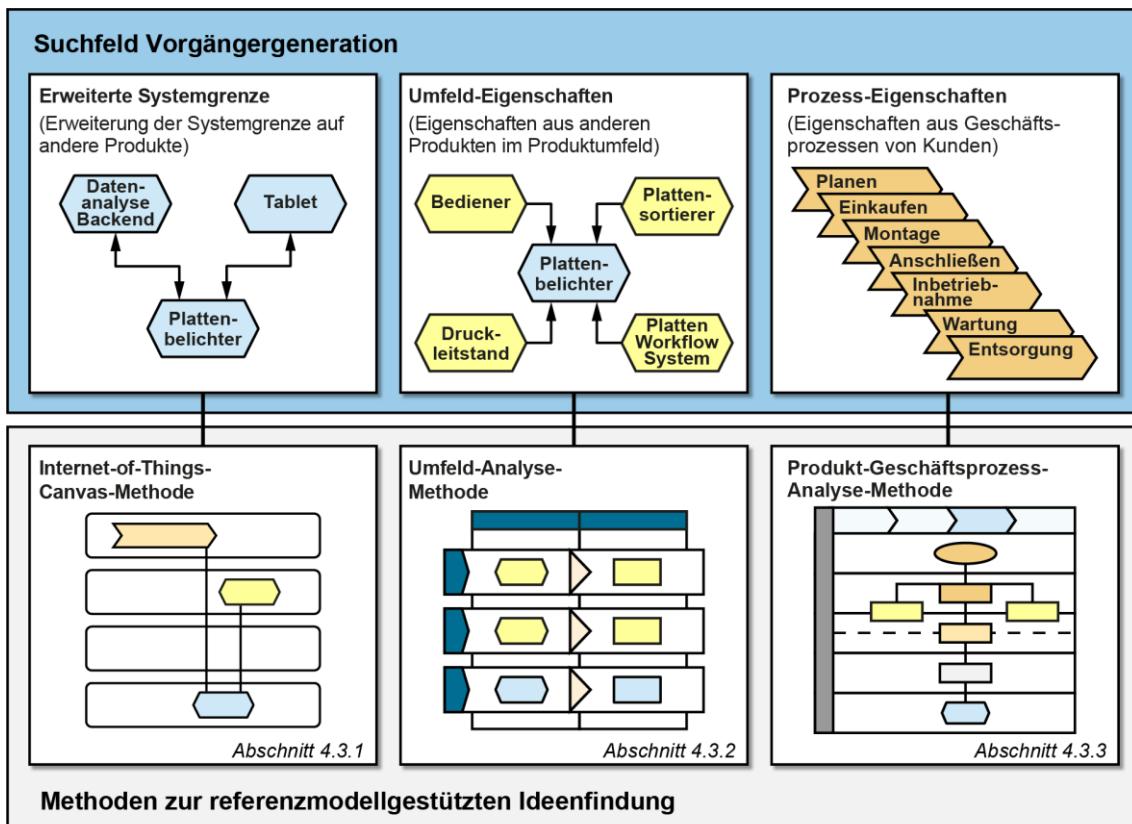


Bild 4-4: Zusammenhang von Suchfeldern und den Methoden zur Ideenfindung

Die Methoden können unabhängig voneinander verwendet werden. Dabei sollten die Sichten möglichst durch ein interdisziplinäres Team erzeugt werden. Die Sichtenbildung kann manuell im Workshop, manuell mit einem Software-Werkzeug (z. B. Eclipse – Papyrus) oder teilautomatisiert mit einem Software-Werkzeug (z. B. Eclipse – Papyrus) erfolgen.

Nachfolgend wird jeweils eine Methode je Suchfeld vorgestellt. Die **Internet-of-Things-Canvas-Methode** fokussiert die Suche von Zusatzeigenschaftsideen, die auf Systemintelligenz und -vernetzung basieren. Hierfür wird eine spezifische Internet-of-Things-Canvas-Sicht verwendet (vgl. Abschnitt 4.3.1). Die **Umfeld-Analyse** adressiert in der Ideen-

findung insbesondere das Umfeld. Hierfür wird das erweiterte Umfeld eines Referenzprodukts betrachtet (vgl. Abschnitt 4.3.2). Die **Produkt-Geschäftsprozess-Analyse** fokussiert in der Ideenfindung die Geschäftsprozesse der Kunden (vgl. Abschnitt 4.3.3).

4.3.1 Internet-of-Things-Canvas

Die Methode Internet-of-Things-Canvas unterstützt die Erschließung von Nutzenpotentialen des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzenschaftsideen. Der Fokus liegt auf der Analyse des Suchfelds erweiterte Systemgrenze (vgl. Abschnitt 2.5.3) und der Suche von Zusatzenschaftsideen, die insbesondere auf stärkerer Vernetzung mit anderen Systemen und steigender Systemintelligenz basieren.

Der Begriff Internet of Things (IoT) bzw. Internet der Dinge, der auf KEVIN ASHTON zurückgeht, bringt den Fokus der Methode auf Systemvernetzung und Systemintelligenz zum Ausdruck [Ash09]. In der Literatur besteht keine einheitliche Definition von IoT. MADAKAM ET AL. definieren Internet of Things folgendermaßen:

“An open and comprehensive network of intelligent objects that have the capacity to auto-organize, share information, data and resources, reacting and acting in face of situations and changes in the environment” [MRT15].

In Systemmodellen von Referenzprodukten sind relevante Informationen im Sinne des Internet of Things spezifiziert. Relevante Informationen sind z. B. erzeugte und verwendete Daten/Informationen, vernetzte Systeme, Datenpools und Backends, weitere Systeme sowie Stakeholder. Die relevanten Informationen eines Systemmodells werden durch die IoT-Canvas in Sichten aufbereitet und für die Produktfindung nutzbar gemacht. Hierzu ermöglicht die IoT-Canvas eine einfache graphische Darstellung vernetzter, intelligenter technischer Systeme (u. a. des Referenzprodukts). Das Bild 4-5 zeigt den konzeptionellen Aufbau der IoT-Canvas.

Die IoT-Canvas wird jeweils für ein Anwendungsszenario mit einer oder mehreren assoziierten Aktivitäten erstellt. Durch die einfache grafische Notation kann die IoT-Canvas in interdisziplinären Workshops zur Analyse und Suche von Zusatzenschaftsideen eingesetzt werden. Die IoT-Canvas besteht aus acht Bereichen, denen verschiedene Elemente zugeordnet werden und die über Beziehungen miteinander verknüpft sind. Die zulässigen Elemente sind: Anwendungsszenario, Aktivität, Wirkelement, Umfeldelement, Kommunikationstechnologie und Information sowie logische Beziehung. Voraussetzung für die Erzeugung einer IoT-Canvas-Sicht ist ein bestehendes Systemmodell eines Referenzprodukts (siehe Bild 4-3). Die verschiedenen Bereiche der IoT-Canvas werden nachfolgend erläutert.

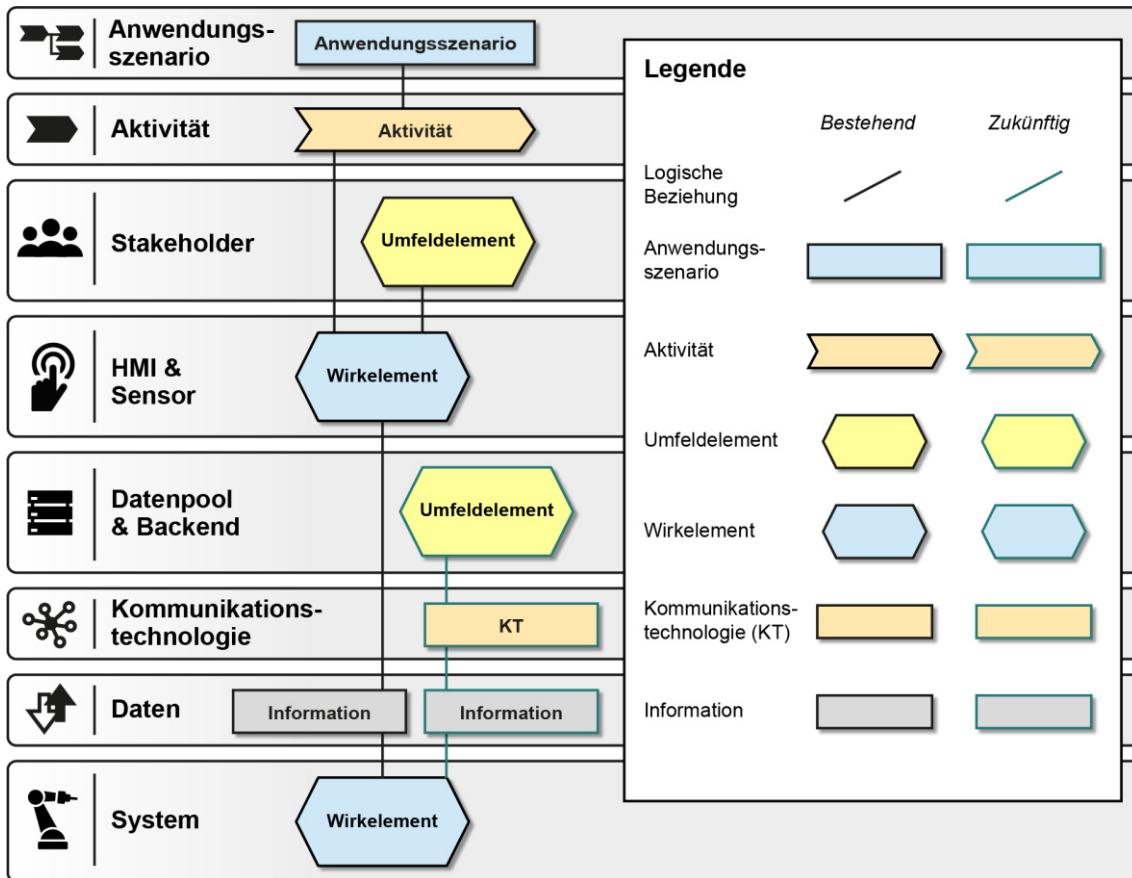


Bild 4-5: Konzeptionelle Darstellung der Internet-of-Things-Canvas (angelehnt an [ABK+18])

Anwendungsszenario: Dieser Bereich beinhaltet ein ausgewähltes Anwendungsszenario (z. B. Störung der Plattenversorgung). Dieses Szenario bildet den Kontext für die Erzeugung einer spezifischen IoT-Canvas-Sicht.

Aktivität: Dieser Bereich dient der Beschreibung ausgewählter Aktivitäten (z. B. Plattenanzahl mitteilen), die mit dem Anwendungsszenario assoziiert sind. Ein Anwendungsszenario ist in der Regel mit verschiedenen Aktivitäten assoziiert, die in diesem Bereich berücksichtigt werden. Der Bereich ermöglicht die Fokussierung auf einzelne Aktivitäten eines Anwendungsszenarios. Durch die Auswahl der Aktivitäten werden die für die anderen Bereiche zu berücksichtigenden Elemente eines Systemmodells eingeschränkt.

Stakeholder: Dieser Bereich beinhaltet die Stakeholder, die mit den ausgewählten Aktivitäten assoziiert sind (z. B. Maschinenbediener). Technische Systeme interagieren mit Menschen; diese Interaktion wird analysiert. Die Interaktion kann bspw. Automatisierungspotential für neue Produktgenerationen bieten.

HMI und Sensor: Dieser Bereich beinhaltet Human-Machine-Interfaces² (HMI) (z. B. Touch-Screen) und Sensoren (z. B. Positionssensor) die an der Operationalisierung von Aktivitäten beteiligt sind. Dies sind Elemente, die Informationen aus dem Umfeld sammeln und diese den Stakeholdern bereitstellen. Ein HMI oder Sensor kann als Teilsystem ein Wirkelement (z. B. integrierter Touch-Screen) oder ein Umfeldelement (z. B. Tablet) sein. HMI und Sensoren sind wichtige Elemente vernetzter, intelligenter technischer Systeme. Die Berücksichtigung der Elemente ermöglicht eine Übersicht der aus dem Systemumfeld erhobenen Daten.

Datenpool und Backend: Dieser Bereich bietet einen Überblick über die verknüpften Datenpools (z. B. Datenbanken) sowie Backends (z. B. Server). Insbesondere werden die Informationsflüsse bzw. logischen Beziehungen zwischen Datenpools bzw. Backends und anderen Systemen beschrieben. Die Berücksichtigung dieser Elemente ermöglicht die Identifikation und Operationalisierung von Ansätzen zur Erfassung, Aggregation, Analyse und Übertragung von Daten.

Kommunikationstechnologie: In diesem Bereich werden die verwendeten Kommunikationstechnologien (z. B. Ethernet, GSM-Netz und W-LAN) beschrieben. Die Kommunikationstechnologie beschreibt, wie Daten und Informationen übertragen werden. Neue Kommunikationstechnologien sind ein wesentlicher IoT-Treiber. Die gewählten Kommunikationstechnologien ermöglichen oder schränken die Einbindung weiterer Systeme ein.

Daten: Dieser Bereich dient der Verortung und Beschreibung benötigter Daten (z. B. Maschinendaten) und Informationen (z. B. Ausfallprognosen). Der Austausch von Daten und Informationen ist die Grundlage vernetzter technischer Systeme; deshalb ist die Berücksichtigung dieser Elemente notwendig. Der Bereich bietet einen Überblick über die genutzten Daten und dient der Findung neuer datengestützter Zusatzeigenschaftsideen.

System: Dieser Bereich ermöglicht einen Überblick über das Referenzprodukt und die beteiligten technischen Systeme aus dem Umfeld (z. B. nachgelagerter Bandförderer). Im Wesentlichen sind das die vernetzten „Dinge“ im Internet of Things. Die Berücksichtigung dieser Elemente ermöglicht die Findung neuer Zusatzeigenschaftsideen, die auf Vernetzung und Systemintelligenz basieren.

Erzeugung der IoT-Canvas am Beispiel eines Plattenbelichters

Zum besseren Verständnis wird die Erzeugung der IoT-Canvas am Beispiel des Plattenbelichters erläutert. Das Bild 4-6 zeigt eine erzeugte IoT-Canvas.

² Benutzerschnittstelle, Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) oder engl. User Interface, Human-Machine-Interface, (HMI) sowie Man-Machine Interface (MMI), ist der Teil eines technischen Systems, der zum Informationsaustausch zwischen Menschen und einem technischen System dient [BL98, S. 28].

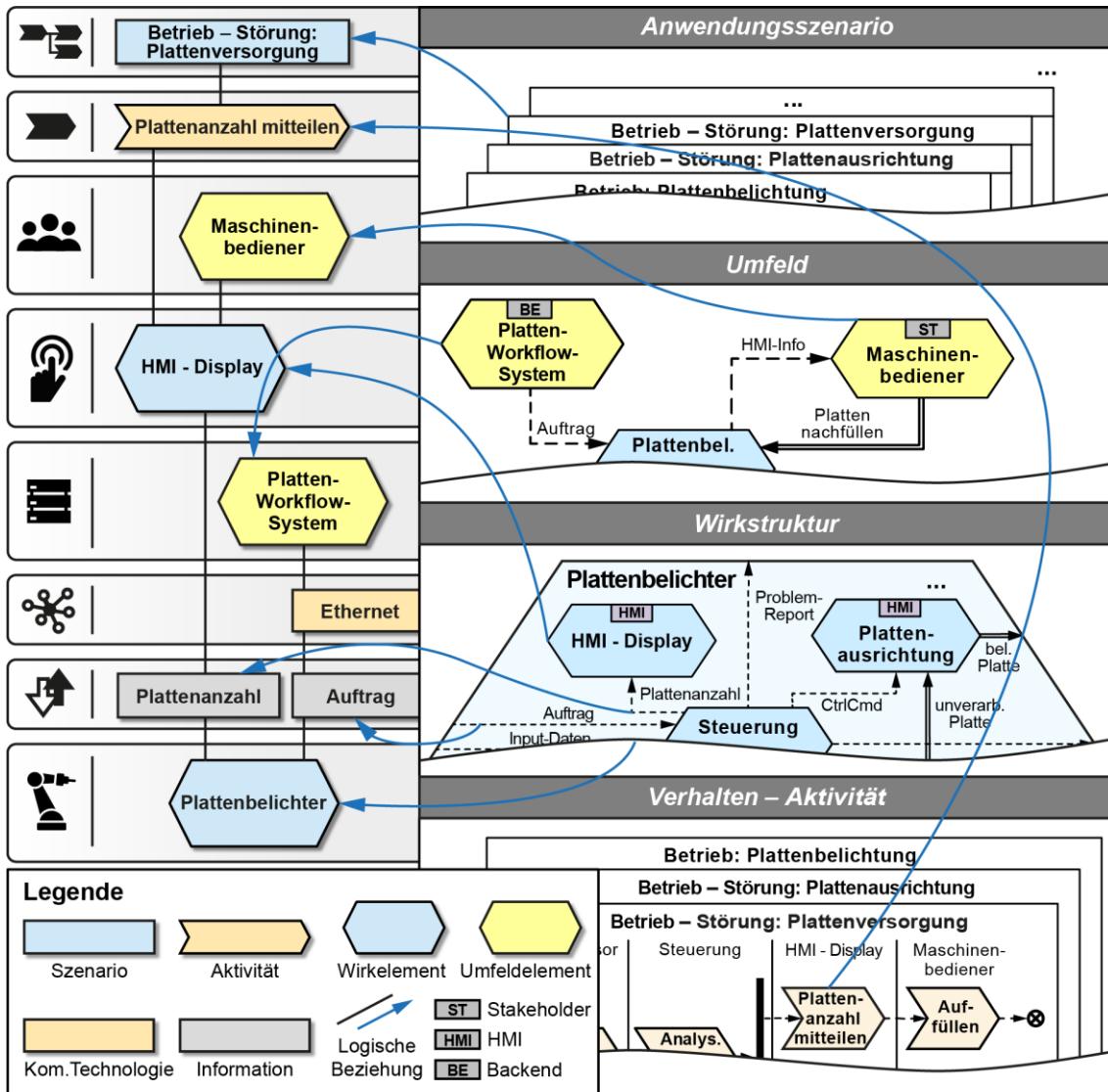


Bild 4-6: IoT-Canvas am Beispiel eines Plattenbelichters (angelehnt an [ABK+18])

Die Erzeugung einer IoT-Canvas aus einem Systemmodell beginnt mit der manuellen Auswahl eines (kritischen) Anwendungsszenarios und der assoziierten Aktivitäten. Anwendungsszenarien sind kritisch, wenn sie kritische Aktivitäten enthalten. Diese verursachen bspw. Störungen oder Probleme. Das Anwendungsszenario und die Aktivitäten bilden den Kontext der Sicht und der anschließenden Ideenfindung. Das Anwendungsszenario (z. B. „Betrieb – Störung: Plattenversorgung“) und die assoziierte Aktivität (z. B. „Plattenanzahl mitteilen“) werden in die gleichnamigen Bereiche der IoT-Canvas übertragen.

Die Anwendungsszenarien sind mit Umfeldelementen assoziiert. Umfeldelemente sind entweder Stakeholder, Backends/Datenpools oder andere Systeme. Zur Unterscheidung dieser Elemente wurden diese klassifiziert. Die Klassifizierung wird durch die Annotation an den Umfeldelementen dargestellt. Konkret werden Stakeholder (ST), Backends/Datenpools (BE) und andere Systeme (Sys) unterschieden. Die Elemente dieser Kategorien

werden in die entsprechenden Bereiche der IoT-Canvas übertragen. Diese Elemente können anhand der Assoziationsbeziehungen leicht identifiziert werden (siehe Bild 4-3).

Im Beispiel ist das Anwendungsszenario „Betrieb – Störung: Plattenversorgung“ mit dem Stakeholder „Maschinenbediener“ und dem Backend „Platten-Workflow-System“ assoziiert. Über weitere Assoziationsbeziehungen sind die Anwendungsszenarien mit den Funktionen verknüpft, und diese wiederum mit Wirkstrukturelementen. Durch diese Beziehungen können Elemente identifiziert werden, die mit dem betrachteten Anwendungsszenario in Beziehung stehen. Zur Ideenfindung werden nicht alle Wirkelemente des Systems in der IoT-Canvas berücksichtigt, sondern nur die Elemente Sensoren und HMI (z. B. „HMI-Display“). Zur Extraktion dieser Elemente aus dem Systemmodell wurden diese klassifiziert. Die Klassifizierung wird in Bild 4-6 als Annotation an den Elementen dargestellt (z. B. HMI).

Um die externen Schnittstellen des Systems zum Umfeld zu berücksichtigen, wird das oberste aktive Wirkstrukturelement (z. B. „Plattenbelichter“), das das Referenzprodukt als Ganzes repräsentiert, in den Bereich System der IoT-Canvas übertragen. Die Beziehungen zwischen den extrahierten Wirkelementen und den Umfeldelementen werden aus den Informationsflüssen zwischen diesen Elementen im Systemmodell abgeleitet. Innerhalb der IoT-Canvas wird diese Beziehung für eine übersichtliche Darstellung abstrakt als logische Beziehung dargestellt. Das bedeutet, dass alle Informationsflüsse zwischen zwei Elementen zu einer logischen Beziehung zwischen diesen Elementen in der IoT-Canvas aggregiert werden. Die Informationsflüsse zwischen den extrahierten Elementen spezifizieren die Daten und Informationen, die ausgetauscht werden. Diese Daten/Informationen werden verwendet, um den Bereich Daten der IoT-Canvas zu füllen. Im Beispiel ergibt sich die „Plattenanzahl“ im Bereich Daten aus dem Informationsfluss zwischen dem „Plattenbelichter“ und dem „HMI-Display“.

Das Systemmodell des Referenzprodukts enthält keine Informationen über die verwendeten Kommunikationstechnologien. Die konkreten Kommunikationstechnologien sind in den assoziierten domänenpezifischen Modellen definiert. Die Assoziationsbeziehungen werden verwendet, um aus diesen Modellen Informationen über die eingesetzten Kommunikationstechnologien abzuleiten. Die entsprechende Kommunikationstechnologie (z. B. „Ethernet“) der Beziehung zwischen Elementen (z. B. „Plattenbelichter“ und „Platten-Workflow-System“) wird in den Bereich Kommunikationstechnologie der IoT-Canvas übertragen.

Interpretation der erzeugten IoT-Canvas am Beispiel des Plattenbelichters

Die IoT-Canvas in Bild 4-6 zeigt das Anwendungsszenario „Betrieb – Störung: Plattenversorgung“ und die Aktivität „Plattenanzahl mitteilen“. Die relevanten Elemente für die Aktivität „Plattenanzahl mitteilen“ sind „Maschinenbediener“, „HMI-Display“, „Plattenbelichter“, „Platten-Workflow-System“, „Ethernet“ und die Information „Plattenanzahl“. Durch die erzeugte Sicht kann ein Anwender die Ist-Situation überblicken. „HMI-Display“ zeigt an, dass das Plattenmagazin bzw. „Plattenanzahl“ im Referenzprodukt bald

erschöpft ist. Der „Maschinenbediener“ muss das Plattenmagazin nachfüllen, ansonsten kann der „Plattenbelichter“ keine weiteren Platten belichten. Ein „Auftrag“ wird vom „Platten-Workflow-System“ zum „Plattenbelichter“ gesendet. Der „Plattenbelichter“ überträgt die „Plattenanzahl“ an das „HMI-Display“. Probleme können bspw. bei der Übertragung des Auftrags, der Informationsverarbeitung oder Anzeige auftreten sein. Plausibel erscheint auch, dass der „Maschinenbediener“ die Benachrichtigung am „HMI-Display“ übersehen kann. Aufbauend auf dieser Sicht werden Ideen für alternative Lösungen der Aktivitäten gefunden (z. B. Automatisierung der Folgeaktivität „Platten nachfüllen“).

Vorgehensmodell zur Ideenfindung mit der IoT-Canvas

Zur Nutzung der IoT-Canvas in der referenzmodellgestützten Ideenfindung wird ein Vorgehensmodell vorgestellt. Das Vorgehen ist in drei Phasen gegliedert (siehe Bild 4-7):

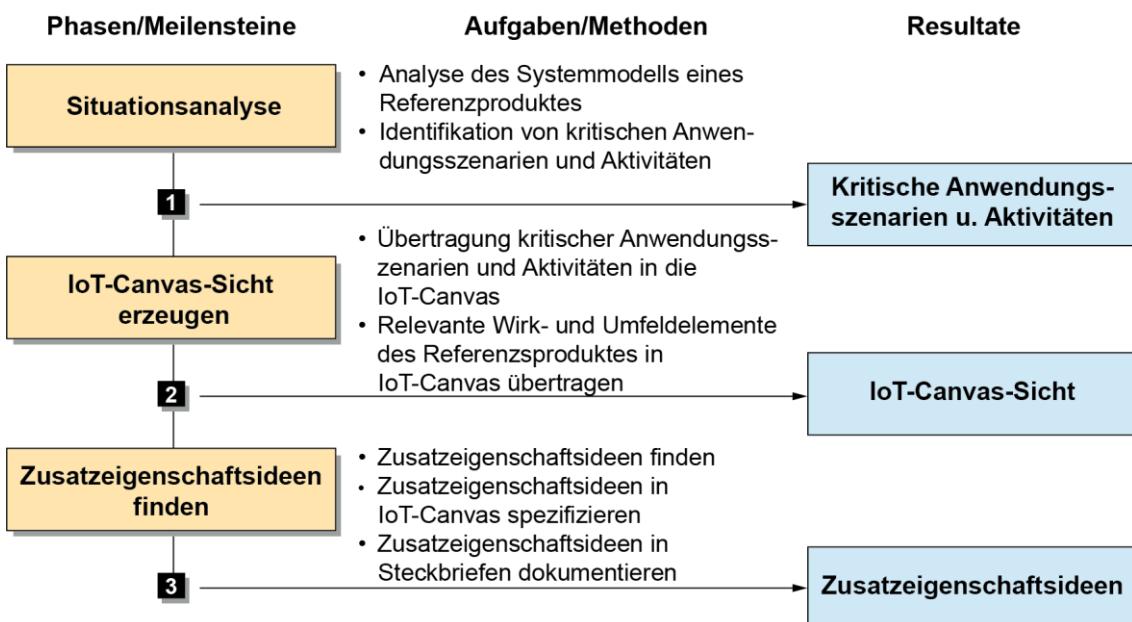


Bild 4-7: Vorgehensmodell zur Ideenfindung mit der IoT-Canvas (angelehnt an [ABK+18])

Situationsanalyse: Gegenstand der Situationsanalyse ist die Identifikation kritischer Anwendungsszenarien und kritischer Aktivitäten. Anwendungsszenarien sind kritisch, wenn sie kritische Aktivitäten enthalten. Aktivitäten sind kritisch, wenn sie bspw. Störungen oder Probleme verursachen. Es werden die bestehenden Anwendungsszenarien, die Wirkstruktur und das Umfeldmodell gesichtet. Zur Identifikation kritischer Anwendungsszenarien werden Anwendungsszenarien aus dem Produktlebenszyklus eines Referenzprodukts auf kritische Aktivitäten untersucht. Vielversprechend sind z. B. Anwendungsszenarien, die Störungen enthalten. Unterstützend können Methoden der Sicherheits- und Zuverlässigkeitstechnik eingesetzt werden, z. B. die Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) oder die Fehlerbaumanalyse (FTA) [DIN60812], [DIN25424]. Häufig sind kritische Aktivitäten bereits aus dem technischen Kundendienst, Vertrieb oder aus

anderen unternehmensinternen Quellen bekannt. Ferner können Methoden der Marktforschung (z. B. Kundenbeobachtungen) oder die Integration von Kunden (z. B. Lead-User³) dabei unterstützen, kritische Aktivitäten und Anwendungsszenarien zu ermitteln. Resultat sind kritische Anwendungsszenarien und Aktivitäten.

IoT-Canvas Sicht erzeugen: In dieser Phase werden verschiedene IoT-Canvas-Sichten erzeugt. Zur Erzeugung einer Sicht werden ein kritisches Anwendungsszenario und eine assoziierte kritische Aktivität in die IoT-Canvas übertragen. Zunächst werden die mit den Aktivitäten assoziierten Elemente aus dem Umfeld in die IoT-Canvas-Sicht überführt. Das können weitere Systeme, Stakeholder, HMI/Sensoren oder Datenpools/Backends sein. Anschließend werden das Referenzprodukt und die mit den Aktivitäten assoziierten HMI und Sensoren übertragen. Abschließend werden die bestehenden Informationsbeziehungen und logischen Beziehungen, die Kommunikationstechnologie sowie die relevanten Daten in die jeweiligen Bereiche überführt. Wird ein Software-Werkzeug mit entsprechender Funktionalität verwendet, müssen ausschließlich Anwendungsszenario und Aktivitäten manuell in die IoT-Canvas übertragen werden. Alle weiteren Elemente zur Erzeugung der Sicht werden automatisch übertragen, indem die Assoziationsbeziehungen verwendet werden.⁴ Resultat dieser Phase sind IoT-Canvas-Sichten.

Zusatzeigenschaftsideen finden: In dieser Phase werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht. Hierfür werden zunächst die erstellten IoT-Canvas-Sichten betrachtet. Ausgehend von der derzeitigen Lösung werden Ideen für alternative Lösungen der kritischen Anwendungsszenarien und Aktivitäten gefunden. Die IoT-Canvas-Sicht fördert die Suche von Zusatzeigenschaftsideen, die auf stärkerer Systemvernetzung und Systemintelligenz basieren. Dies wird durch die Vorgabe der IoT-Canvas-Bereiche forciert. Unterstützend können in der Ideenfindung Kreativitätstechniken (z. B. Brainstorming) eingesetzt werden. Es wird die Frage beantwortet: Welche alternativen Lösungen sind möglich? Die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen werden spezifiziert. Hierfür wird die bestehende Situation des Referenzprodukts in der IoT-Canvas-Sicht aufgebrochen und die Ideen in der IoT-Canvas modelliert. Bestehende Elemente und Beziehungen des Referenzprodukts bleiben schwarz umrandet, neue Elemente und Beziehungen werden grün umrandet dargestellt. Weitere Aktivitäten (z. B. Folgeaktivitäten), die Teil der Idee sind, werden ebenfalls spezifiziert. Es entsteht eine Delta-Sicht zwischen der Idee für eine neue Produktgeneration und der bestehenden Lösung im Referenzprodukt. Die Zusatzeigenschaftsideen werden abschließend in Eigenschaftsideen-Steckbriefen dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1 im Anhang). Resultat der letzten Phase sind dokumentierte Zusatzeigenschaftsideen.

³ Lead-User sind Kunden, die eine führende Position im Zielmarkt besitzen und damit einen Markttrend anführen. Die vorhandene Funktionalität von Produkten, Diensten und Prozessen wird dabei den Anforderungen dieser Kunden nicht länger gerecht [Hip86, S. 791ff.].

⁴ Ein Konzept zur Implementierung dieser Funktionalität wird in [ABK+18] vorgestellt.

4.3.2 Umfeld-Analyse

Die Umfeld-Analyse unterstützt die Erschließung von Nutzenpotentialen des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen. Der Fokus der Methode liegt auf der Analyse des Suchfelds Umfeld-Eigenschaften (vgl. Abschnitt 2.5.3) und der Suche von Zusatzeigenschaftsideen aus dem Umfeld. Hierfür wird im Systemmodell das erweiterte Umfeld einer Vorgängergeneration in der Nutzungsphase betrachtet. Im Partialmodell Umfeld des Systemmodells eines Referenzprodukts kann das direkte oder das erweiterte Umfeld berücksichtigt werden.

In der Umfeld-Analyse werden Funktionen betrachtet, die durch Systeme aus dem Umfeld eines Referenzprodukts erbracht werden. Darauf aufbauend werden Ideen zur Integration dieser Funktionen und Elemente in Produktgenerationen gesucht. Mit der Integration von externen Funktionen sowie Elementen bzw. Systemen wird das Ziel verfolgt, strategische Vorteile zu realisieren (z. B. Datenhoheit) und/oder den Kundennutzen einer Produktgeneration zu steigern. In der Umfeld-Analyse wird ein bestehendes Systemmodell eines Referenzprodukts betrachtet. Der Fokus der Betrachtungen liegt auf ausgewählten Elementen aus dem Umfeld des Referenzprodukts in der Nutzungsphase (z. B. bei einem branchentypischen Kunden bzw. Anwenderunternehmen). Für die Methode wird ein Systemmodell mit erweiterter Umfeldspezifikation benötigt. Für die referenzmodellgestützte Ideenfindung werden Wirk- und Umfeldelemente sowie Funktionen in einer Umfeld-Ebenensicht graphisch dargestellt. Das Bild 4-8 zeigt die konzeptionelle Darstellung der Umfeld-Ebenensicht.

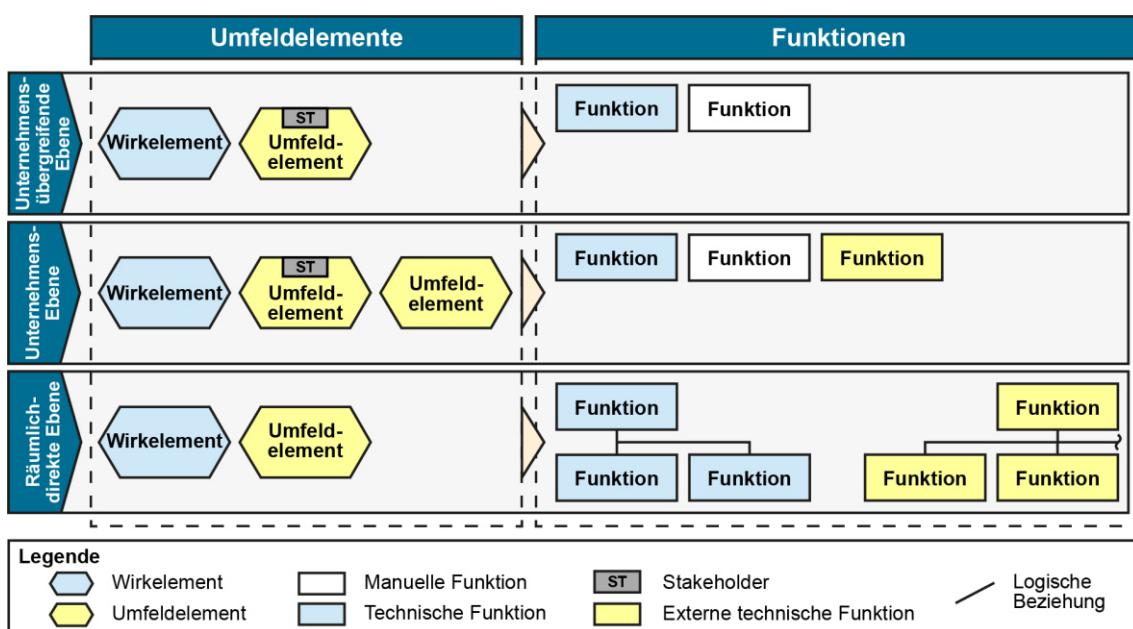


Bild 4-8: Konzeptionelle Darstellung der Umfeld-Ebenensicht

Die Ebenen der Umfeld-Ebenensicht beziehen sich auf ein Referenzprodukt und sein Umfeld in der Nutzungsphase. Folgende Ebenen werden unterschieden: räumlich-direkte

Ebene bzw. Maschinenebene, Unternehmensebene und unternehmensübergreifende Ebene:

Die **räumlich-direkte Ebene** beinhaltet technische Systeme aus dem direkten Umfeld eines Referenzprodukts am Nutzungsort. Diese Elemente besitzen im Umfeld-Partialmodell häufig einen Energiefluss zum System (Referenzprodukt). Am Beispiel eines Plattenbelichters sind das u. a. die Elemente Bandförderer, Druckmaschinen und der Plattenbelichter selbst.

Die **Unternehmensebene** beinhaltet Stakeholder und Systeme, die sich im Unternehmen von Kunden bzw. Anwenderunternehmen des Referenzprodukts befinden. Diese Elemente des Umfeld-Partialmodells sind häufig Stakeholder (z. B. Maschinenbediener) oder Software-Systeme (z. B. Workflow-Management-Systeme), die Informationsflussbeziehungen zum System (Referenzprodukt) besitzen.

Die **unternehmensübergreifende Ebene** umfasst Elemente, die sich außerhalb der Unternehmensgrenzen von Kunden bzw. Anwenderunternehmen befinden. Diese Elemente besitzen häufig indirekte Beziehungen über weitere Elemente oder Informationsbeziehungen zum System (Referenzprodukt). Am Beispiel eines Plattenbelichters sind das u. a. die Elemente Verlagshaus und Fernwartung.

Die Wirkstrukturelemente und Umfeldelemente sind im Systemmodell direkt oder über weitere Elemente mit Funktionen assoziiert. Die Funktionen werden in die gleichen Ebenen wie die assoziierten Wirkstruktur- und Umfeldelemente übertragen. Zusätzlich werden sie klassifiziert. Unterschieden werden technische und manuelle Funktionen, die mit Wirkelementen des Referenzprodukts assoziiert sind, sowie externe technische und manuelle Funktionen, die mit Umfeldelementen assoziiert sind. Technische Funktionen werden von Elementen durchgeführt, die technische Systeme sind. Manuelle Funktionen werden von Elementen erbracht, die Stakeholder sind. Die Umfeld-Ebenensicht liefert eine strukturierte Übersicht der Elemente und Funktionen im Umfeld. Die graphische Notation der Umfeld-Ebenensicht unterstützt die Verwendung der Methode in interdisziplinären Workshops. Aufbauend auf dieser Sicht werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht.

Erzeugung der Umfeld-Ebenensicht am Beispiel des Plattenbelichters

Zum besseren Verständnis wird die Erzeugung der Umfeld-Ebenensicht am Beispiel eines Plattenbelichters erläutert. Das Bild 4-9 zeigt die Umfeld-Ebenensicht.

Zunächst wird das oberste Wirkstrukturelement (z. B. „Plattenbelichter“) manuell in die räumlich-direkte Ebene der Sicht übertragen. Anschließend werden Umfeldelemente (z. B. „Maschinenbediener“) und weitere Wirkelemente aus dem Umfeld (z. B. „Platten-Workflow-System“) in eine der drei Ebenen manuell eingesortiert. Die übertragenen Elemente bilden den Kontext der Sicht. Zur Unterscheidung von Umfeldelementen, die Stakeholder sind (z. B. „Maschinenbediener“), von solchen, die technischen Systeme sind (z. B. „Druckmaschine“), werden diese klassifiziert. Die Klassifizierung wird durch die Annotation an den Stakeholder (ST) dargestellt. Wirk- und Umfeldelemente sind direkt

oder über weitere Elemente mit Funktionen assoziiert (siehe Bild 4-3). Die Funktionen werden in die gleiche Ebene wie die assoziierten Elemente übertragen. Es werden drei Kategorien von Funktionen unterschieden, die jeweils durch eine entsprechende Farbe dargestellt werden. Funktionen, die mit Wirkelementen assoziiert sind, werden als technische Funktion übertragen (z. B. „Platte belichten“) und Funktionen, die mit Stakeholdern (ST) assoziiert sind, als manuelle Funktionen (z. B. „Platten nachfüllen“). Die dritte Kategorie sind Funktionen, die mit Umfeldelementen assoziiert sind. Diese Funktionen sind externe technische Funktionen (z. B. „Papier bedrucken“). Bis auf hierarchische Beziehungen von Funktionen werden Beziehungen in der Umfeld-Ebenensicht nicht dargestellt.

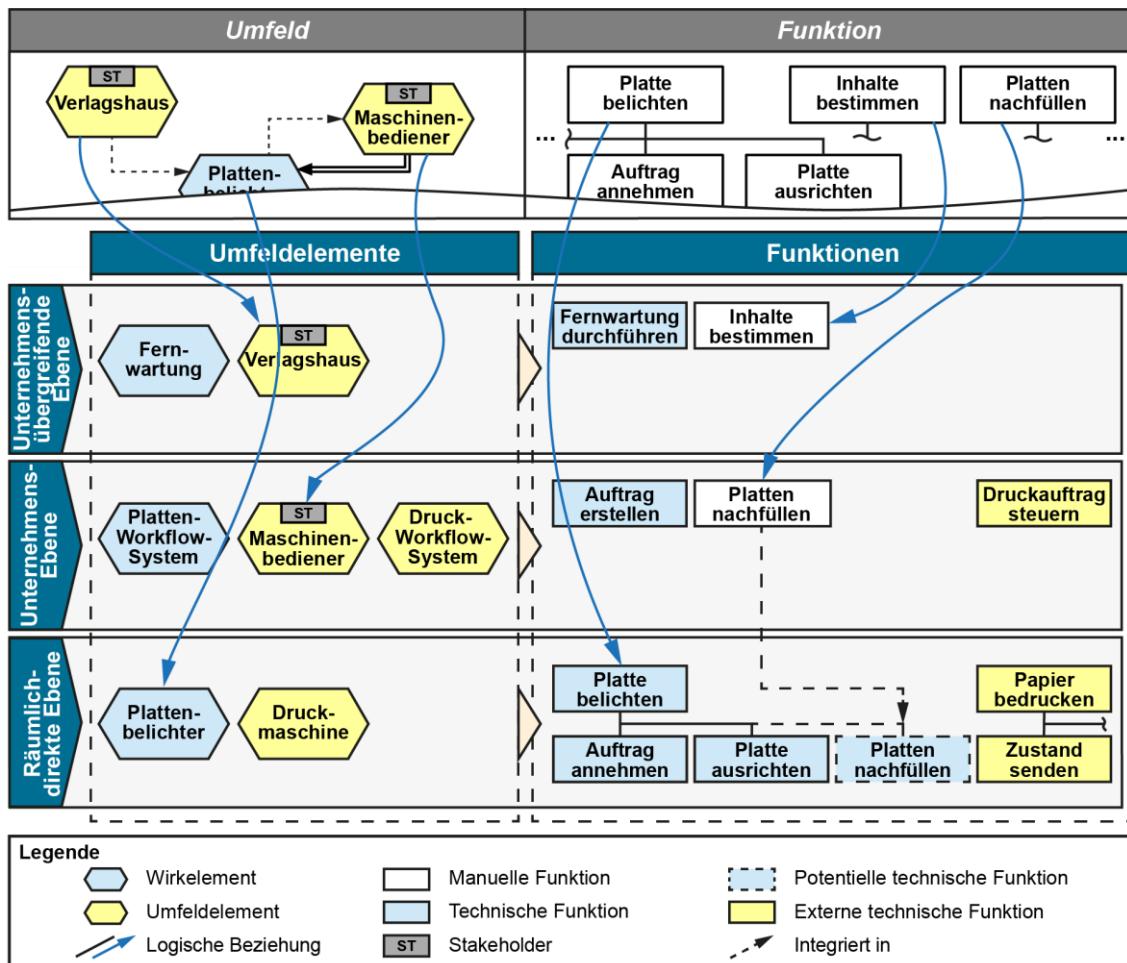


Bild 4-9: Umfeld-Ebenensicht am Beispiel eines Plattenbelichters (Auszug)

Interpretation der erzeugten Umfeld-Ebenensicht am Beispiel des Plattenbelichters

Die Umfeld-Ebenensicht zeigt Wirk- und Umfeldelemente sowie Funktionen (siehe Bild 4-9). Die Elemente „Plattenbelichter“ und „Druckmaschine“ befinden sich auf der gleichen Ebene und sind damit räumlich-direkte Nachbarn. Diese Elemente realisieren die technischen Funktionen „Platte belichten“ und „Papier bedrucken“. Auf der Unterneh-

mensebene befinden sich die Elemente „Platten-Workflow-System“, „Maschinenbediener“ und „Druck-Workflow-System“, die die Funktionen „Druckauftrag erstellen“, „Platten nachfüllen“ und „Druckauftrag steuern“ realisieren. Auf der unternehmensübergreifenden Ebene befinden sich das technische System „Fernwartung“ und das „Verlagshaus“. Diese Elemente realisieren die Funktionen „Fernwartung durchführen“ und „Inhalte bestimmen“. Aufbauend auf dieser Sicht werden Ideen für die Integration von Funktionen und Elementen gesucht, beispielsweise die Idee, die manuelle Funktion „Platten nachfüllen“ als potentielle technische Funktion „Platten nachfüllen“ in eine Produktgeneration zu integrieren. Das bedeutet, dass eine manuelle Funktion aus dem Umfeld automatisiert und in eine Produktgeneration integriert wird.

Vorgehensmodell der Umfeld-Analyse

Im Folgenden wird ein Vorgehensmodell für die referenzmodellgestützte Ideenfindung mit der Umfeld-Analyse vorgestellt. Die Umfeld-Analyse sieht drei Phasen vor, die nachfolgend beschrieben werden (siehe Bild 4-10):

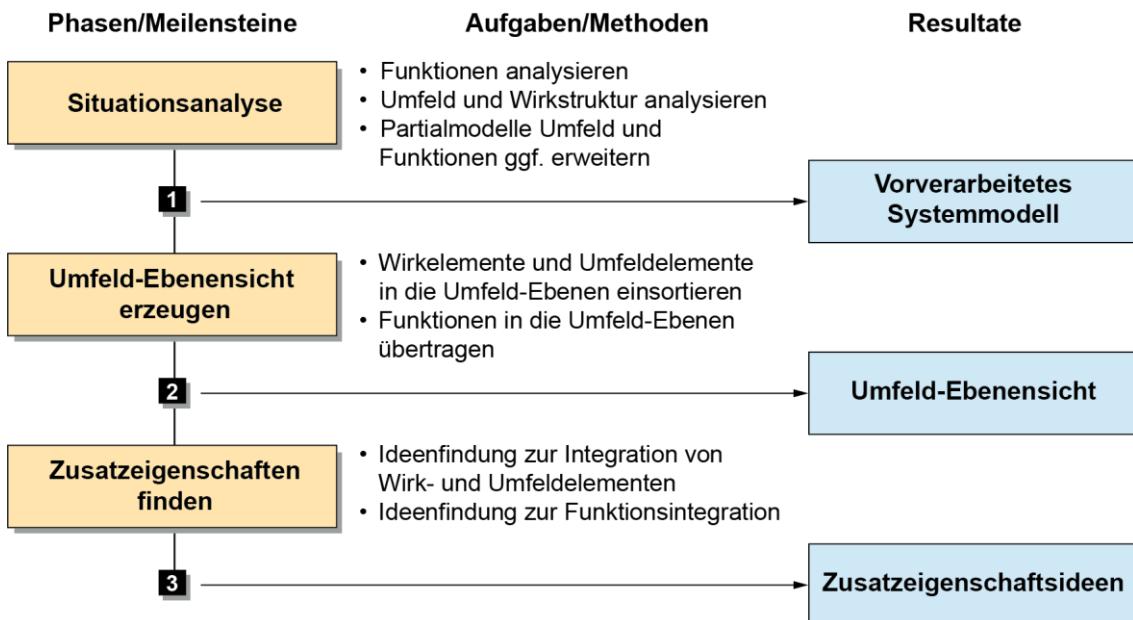


Bild 4-10: Vorgehensmodell der Umfeld-Analyse

Situationsanalyse: In der ersten Phase werden das Partialmodell Umfeld, die Wirkelemente auf der obersten Abstraktionsebene und das Partialmodell Funktion eines Systemmodells analysiert. Das Umfeldmodell muss ggf. erweitert werden, um auch das erweiterte Systemumfeld eines Referenzprodukts zu berücksichtigen. Hierfür müssen Umfeldelemente (externe technische Systeme und Stakeholder) in der Nutzungsphase eines Referenzprodukts identifiziert und spezifiziert werden. Zur Identifikation von Umfeldelementen kann die Situationsanalyse durch die Einbindung von Kunden (z. B. Lead-User)

unterstützt werden. Für jedes Umfeldelement wird mindestens eine Gesamtfunktion⁵ modelliert, wenn diese nicht bereits im Systemmodell spezifiziert wurde. Resultat ist ein vorverarbeitetes Systemmodell eines Referenzprodukts.

Umfeld-Ebenensicht erzeugen: In der zweiten Phase wird die Umfeld-Ebenensicht erzeugt. Hierfür werden die Elemente manuell in einer der drei Ebenen eingesortiert: räumlich-direkte Ebene, Unternehmensebene oder unternehmensübergreifende Ebene. Die Sortierung bringt zusätzliche Informationen über die räumliche Nähe der Elemente bzw. Systeme aus dem Umfeld eines Referenzprodukts in der Nutzungsphase in die Sicht ein. Beziehungen zwischen Wirk- und Umfeldelementen werden in der Umfeld-Ebenensicht nicht berücksichtigt. Die mit den Elementen assoziierten Funktionen werden in einen separaten Bereich für Funktionen der Umfeld-Ebenensicht übertragen. Jede Funktion wird in die gleiche Ebene, wie das assoziierte Wirk- oder Umfeldelement, übertragen. In der Sicht werden Gesamtfunktionen berücksichtigt. Zusätzlich können weitere Unterfunktionen einbezogen werden. Dabei wird eine hierarchische Funktionsdarstellung je Wirk- oder Umfeldelement erzeugt. Abschließend werden die Funktionen nach technischen, manuellen und externen Funktionen klassifiziert. Alternativ kann das Umfeld-Ebenen-Diagramm mit einem Software-Werkzeug teilautomatisiert erzeugt werden. Hierfür müssen die Wirk- und Umfeldelemente manuell in die drei Ebenen eingesortiert werden. Die Übertragung der Funktionen und die Funktionsklassifizierung erfolgt teilautomatisiert. Resultat ist eine Umfeld-Ebenensicht.

Zusatzeigenschaftsideen finden: In der letzten Phase werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht. Dazu werden die Umfeldelemente auf der räumlich-direkten Ebene in der Umfeld-Ebenensicht systematisch analysiert. Es wird die Frage beantwortet: Ist die Integration dieses Elements in eine Produktgeneration als Zusatzeigenschaft vielversprechend? Wenn ja, dann wird die Zusatzeigenschaftsidee in einem Eigenschaftsideen-Steckbrief dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1 im Anhang). Analog wird für die Unternehmensebenen und die unternehmensübergreifende Ebene verfahren. Anschließend werden die Funktionen der räumlich-direkten Ebene analysiert. Hierfür werden die manuellen Funktionen (z. B. Wartungs-Service), die Teil des Referenzprodukts sind, auf die Möglichkeit der Integration als technische Funktion bzw. Zusatzeigenschaft untersucht. Es wird die Frage beantwortet: Ist die Integration der Funktion als Zusatzeigenschaft in einer Produktgeneration vielversprechend? Analog wird für die manuellen Funktionen auf den anderen Ebenen verfahren. Als Nächstes werden die externen Funktionen analysiert. Dabei handelt es sich entweder um technische oder manuelle Funktionen. Die Integration als potentielle technische Funktion wird in der folgenden Reihenfolge analysiert: räumlich-direkte Ebene, Unternehmensebene und unternehmensübergreifende Ebene. Gefundene

⁵ Eine Gesamtfunktion beschreibt den allgemeinen, gewollten Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang eines Systems und damit dem Zweck eines Systems. Eine Gesamtfunktion kann in der Regel in Teifunktionen aufgelistet werden. Teifunktionen, die unmittelbar der Gesamtfunktion dienen, werden Hauptfunktionen genannt. Teifunktionen, die nur mittelbar zur Gesamtfunktion beitragen, werden als Nebenfunktionen bezeichnet [FG13, S. 244f.].

Zusatzeigenschaftsideen werden in Eigenschaftsideen-Steckbriefen dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1 im Anhang). Resultat sind dokumentierte Zusatzeigenschaftsideen.

4.3.3 Produkt-Geschäftsprozess-Analyse

Ziel der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse ist es, Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen zu erschließen. Der Fokus der Methode liegt auf der Analyse des Suchfelds Prozess-Eigenschaften (vgl. Abschnitt 2.5.3) und der Suche von Zusatzeigenschaftsideen, die Kunden-Geschäftsprozesse unterstützen oder übernehmen.

Die Analyse erfolgt entlang eines Produktlebenszyklus aus Kundensicht. Der Lebenszyklus eines Produkts beruht auf der Annahme, dass die zeitliche Veränderung produktspezifischer Indikatoren in Phasen unterteilt werden kann (vgl. Abschnitt 2.1.5) [Mar17-ol], [GLR+00]. In der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse wird der Produktlebenszyklus eines Referenzprodukts betrachtet. Der verwendete intrinsische Produktlebenszyklus besteht aus den vier Phasen Erstellung, Beschaffung, Nutzung und Entsorgung. Die Orientierung am Produktlebenszyklus ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung von Produkten über die Nutzungsphase hinaus. Neben den Produkten werden die Geschäftsprozesse der Kunden analysiert. Der Fokus liegt auf Kunden-Geschäftsprozessen, die durch Produkte unterstützt werden oder unterstützt werden sollen. Das wesentliche Prinzip der Methode ist die Darstellung und Analyse von Produkten und Kunden-Geschäftsprozessen in einer Sicht.

Produkte in der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse

Es wird der Produktlebenszyklus eines Referenzprodukts (z. B. Plattenbelichter) aus Kundensicht untersucht. Neben dem Referenzprodukt werden ergänzende Produkte berücksichtigt (z. B. Maschinenwerkzeuge). Dabei wird dem erweiterten Produktbegriff gefolgt (vgl. Abschnitt 2.1.2), der auch produktergänzende Dienstleistungen umfasst (z. B. Wartungs-Service). Das Bild 4-11 zeigt exemplarisch das ergänzende Produkt „Wartungs-Service“ im Produktlebenszyklus des Referenzprodukts „Plattenbelichter“.

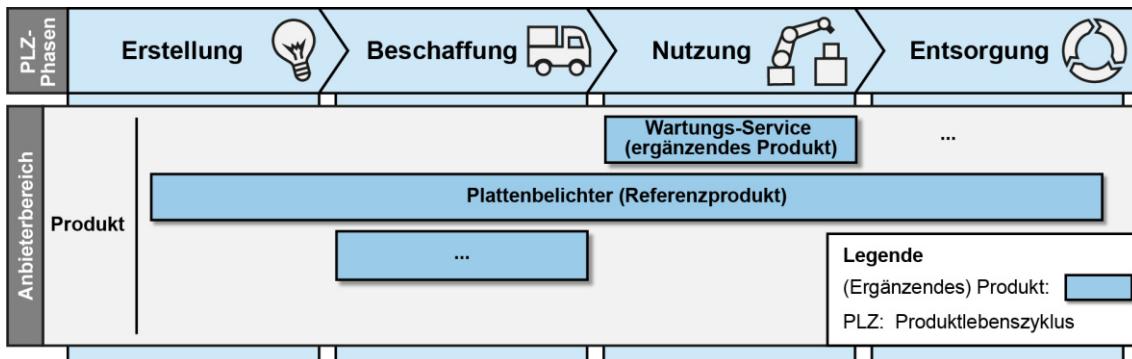


Bild 4-11: Exemplarische Produkte im Produktlebenszyklus des Referenzprodukts

Im Systemmodell eines Referenzprodukts sind die ergänzenden Produkte im Partialmodell Umfeld spezifiziert. Die ergänzenden Produkte werden den Produktlebenszyklus-Phasen eines Referenzprodukts zugeordnet. Zur Unterstützung der Zuordnung von produktbegleitenden Dienstleistungen als ergänzende Produkte in die Produktlebenszyklus-Phasen wird ein Service-Katalog vorgestellt. Dieser Katalog umfasst typische produktbegleitende Dienstleistungen bzw. Dienstleistungselemente im produzierenden Gewerbe, die als ergänzende Produkte verstanden werden. Der Service-Katalog wird zusätzlich zur Suche von Ideen verwendet. Nach GESCHKA ET AL. wird diese Art von Kreativitätstechniken als Konfigurationstechnik bezeichnet. Dies sind analytische Techniken, bei denen Lösungselemente neu kombiniert, ausgetauscht oder weggelassen werden [GZ11, S. 295ff.]. Das Bild 4-12 zeigt einen Auszug aus dem Service-Katalog⁶.

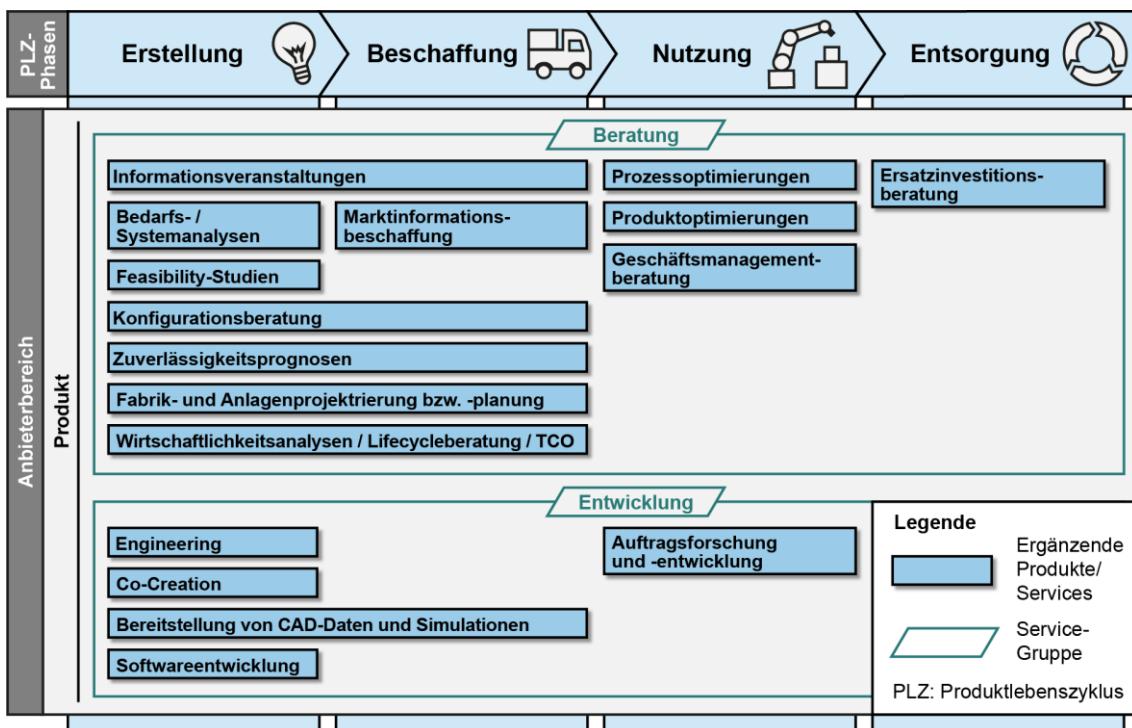


Bild 4-12: Service-Katalog (1/6) (Auszug)

Geschäftsprozesse in der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse

In der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht, indem die Aufbau- und Ablauforganisation eines typischen Kunden eines anvisierten Segments analysiert wird. Neben den Produkten werden deshalb typische Geschäftsprozesse von Kunden analysiert.

„Ein Geschäftsprozess besteht aus der funktions- und organisationsüberschreitenden Verknüpfung wertschöpfernder Aktivitäten, die von

⁶ Der vollständige Service-Katalog befindet sich im Anhang in Abschnitt A2.2. Der Service-Katalog beruht auf einer Literaturanalyse und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Kunden erwarten Leistungen erzeugen und die aus der Geschäftsstrategie abgeleiteten Prozessziele umsetzen. Geschäftsprozesse ermöglichen es, die strukturbedingte Zerstückelung der Prozessketten in Funktionsorganisationen zu überwinden und die Aktivitäten eines Unternehmens auf die Erfüllung von Kundenanforderungen und die Erreichung der Geschäftsziele auszurichten“ [SS10].

Ein Geschäftsprozess ist ein abstrakter organisatorischer Sachverhalt. Abstrakte Sachverhalte werden von Menschen selektiv wahrgenommen [GP14, S. 245]. Um Geschäftsprozesse analysieren zu können, müssen diese in standardisierter Form beschrieben werden. Eine Geschäftsprozessmodellierung ermöglicht eine vereinfachte Abbildung der komplexen Realität in einem Modell. Inhalte dieses Modells sind Prozesse, beteiligte Stakeholder bzw. Abteilungen, die technischen Systeme, Daten- und Materialspeicher sowie die übermittelten Informationen und materiellen Objekte [GP14, S. 245]. Geschäftsprozesse können von Stakeholdern durchgeführt oder von IT-Systemen automatisch ausgeführt werden. Produzierende Unternehmen besitzen in der Regel sog. Hauptgeschäftsprozesse, z. B. Produktentstehungsprozess, Auftragsabwicklungsprozess und Leistungserstellungsprozess. Ausgehend davon kann eine Vielzahl weiterer Geschäftsprozesse hierarchisch gegliedert werden [GP14, S. 237].

Den Produktlebenszyklusphasen eines Referenzprodukts (z. B. Plattenbelichter) werden typische durch Kunden durchgeführte Geschäftsprozesse⁷ zugeordnet (z. B. Wartung). So entsteht eine Kunden-Geschäftsprozesssammlung entlang des Produktlebenszyklus eines Referenzprodukts. Das Bild 4-13 zeigt exemplarische Kunden-Geschäftsprozesse.

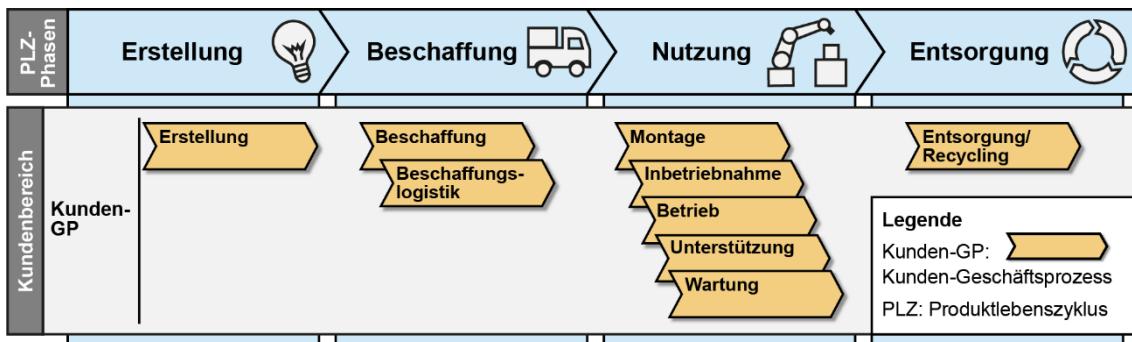


Bild 4-13: Exemplarische Kunden-Geschäftsprozesse im Produktlebenszyklus

In der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse werden Kunden-Geschäftsprozesse analysiert. Hierfür werden die Geschäftsprozesse (z. B. Hauptgeschäftsprozesse) eines branchentypischen Kunden modelliert und analysiert. Zur Analyse von Kunden-Geschäftsprozessen in Workshops kann zusätzlich die Analysekarte für Geschäftsprozesse verwendet werden (siehe Bild 4-14). Diese greift Konstrukte der Geschäftsmodellsprache OMEGA auf (vgl.

⁷ Typische betriebswirtschaftliche Referenzmodelle für Geschäftsprozesse bieten folgende Modelle an: Y-CIM-Modell [Sch97], MIT Process Handbook [MCH03], SCOR-Modell [Sup11-ol].

Abschnitt 3.1.1.4). Im Systemmodell sind Geschäftsprozesse im Geschäftsprozess-Partialmodell mit OMEGA spezifiziert (siehe Bild 4-3). Die Analysekarte stellt ein einheitliches Dokumentationsschema zur Geschäftsprozessanalyse dar. Mit der Analysekarte werden die Potentiale der Geschäftsprozesse und der Geschäftsprozess-Aktivitäten von Kunden identifiziert. Die Analysekarte kann in Workshops im Rahmen einer Geschäftsprozessanalyse verwendet werden. Das Hilfsmittel besitzt 12 Felder, die nachfolgend vorgestellt werden:

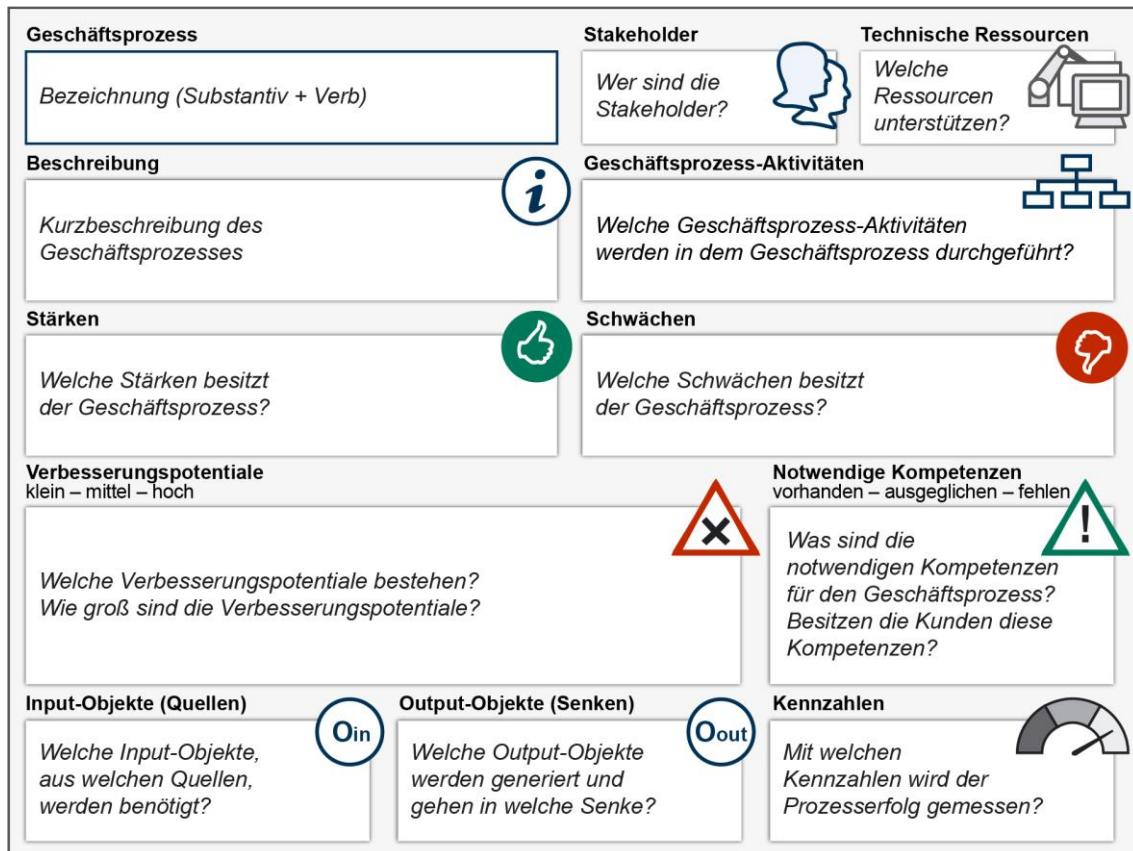


Bild 4-14: Analysekarte für Geschäftsprozesse

Geschäftsprozess: In diesem Feld wird die Analysekarte einem (Haupt-)Geschäftsprozess zugeordnet. Die Bezeichnung eines Geschäftsprozesses sollte aus einem Substantiv und einem Verb bestehen.

Beschreibung: In diesem Feld wird ein Geschäftsprozess zusammenfassend beschrieben. Die Beschreibung dient der Erzeugung eines Prozessverständnisses in der Analyse.

Stakeholder: In diesem Feld werden die Stakeholder des Kunden-Geschäftsprozesses dokumentiert (z. B. Maschinenbediener).

Technische Ressourcen: Technische Ressourcen bilden den Kontext für die Durchführung von Geschäftsprozessen und werden eindeutig benannt. Dabei werden vier Arten

von technischen Ressourcen unterschieden: IT-System (z. B. PC mit ERP-Software), Betriebsmittel (z. B. Werkzeugmaschine), Papierspeicher (z. B. Aktenordner), Materialspeicher (z. B. Lager oder Puffer) [GP14, S. 256].

Geschäftsprozess-Aktivitäten: Ein Geschäftsprozess besteht aus logisch zusammenhängenden Geschäftsprozess-Aktivitäten zur Erbringung eines Ergebnisses oder zur Transformation eines Objekts [GP14, S. 254]. Geschäftsprozess-Aktivitäten werden hierarchisch gegliedert. Diese Hierarchisierung unterstützt dabei, anschließend Zusatzeigenschaftsideen zu finden.

Stärken/Schwächen: Diese beiden Felder dienen der stichpunktartigen Beschreibung der Stärken und Schwächen eines Geschäftsprozesses. Die Information ermöglicht die Auswahl und Fokussierung auf bestimmte Geschäftsprozesse in der Ideenfindung.

Kompetenzen: Unter Kompetenz wird die Kombination aus Fähigkeit und Ressourcen verstanden [KH97, S. 26], [LA10, S. 159]. Zur Durchführung von Geschäftsprozessen werden bestimmte Fähigkeiten (z. B. Maschinendatenanalyse oder Betriebsdatenmanagement) und Ressourcen (z. B. Maschinen oder Datenanalyse-Software) benötigt, die in diesem Feld dokumentiert werden [GP14, S. 259]. Es wird bewertet, ob Kunden diese Kompetenzen typischerweise besitzen.

Verbesserungspotentiale: Dieses Feld wird verwendet, um in einem Geschäftsprozess ein Verbesserungspotential im Ablauf zu beschreiben (z. B. hohe Durchlaufzeiten oder Aufgabe/Kompetenz/Verantwortung nicht festgelegt) [GP14, S. 259].

Input-Objekte (Quellen): Dieses Feld dient der Beschreibung der für den Geschäftsprozess benötigten Objekte und deren Quellen. Folgende Objekte sind zulässig: IT-Objekt (z. B. Störungsmeldung), Materialobjekte (z. B. Schmieröl), Papierobjekte (z. B. Wartungsplan), mündliche Informationsobjekte (z. B. Anweisungen) [GP14, S. 254]. Insbesondere IT-Objekte (Informationen und Daten) werden berücksichtigt, da diese ggf. durch eine neue Produktgeneration geliefert werden können und dadurch einen Kundennutzen schaffen. Als Quelle wird die Herkunft von Objekten verstanden (z. B. ERP-System oder Geschäftsprozesse).

Output-Objekte (Senken): In diesem Feld werden alle Objekte und deren Senken (z. B. Speicher oder Folgegeschäftsprozess) dokumentiert, die im Geschäftsprozess generiert, verändert oder weitergegeben werden. Insbesondere IT-Objekte (Informationen und Daten) werden berücksichtigt, da diese ggf. in einer neuen Produktgeneration verwendet werden können. Senken sind die Ziele von Objekten (z. B. ERP-System oder Geschäftsprozesse).

Kennzahlen: Dieses Feld dient der Beschreibung von Kennzahlen für die Steuerung und Kontrolle von Geschäftsprozessen. Es werden im Geschäftsprozess genutzte Kennzahlen zur Messung der Leistungsfähigkeit bzw. der Ergebnisse beschrieben (z. B. Durchlaufzeit). Kennzahlen werden eindeutig mit einem Namen oder einer Formel beschrieben

[GP14, S. 260]. Die Kennzahlen liefern Erkenntnisse darüber, wie Kunden die Leistungsfähigkeit von Prozessen messen.

Produkt-Geschäftsprozess-Schema

Kern der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse ist die Erzeugung und Verwendung von Produkt-Geschäftsprozess-Sichten. Zur Erstellung von Sichten werden ein Referenzprodukt, die ergänzenden Produkte und die identifizierten Kunden-Geschäftsprozesse ausgewählt. Auf Basis dieser Auswahl wird analysiert, welche Geschäftsprozesse von Kunden durch welche Produkte unterstützt oder übernommen werden. Hierfür werden Sichten auf ein bestehendes Systemmodell durch das Produkt-Geschäftsprozess-Schema erzeugt. Das Schema unterstützt die Ideenfindung durch spezifische Bereiche. Nachfolgend werden die Bereiche des Produkt-Geschäftsprozess-Schemas vorgestellt (siehe Bild 4-15).

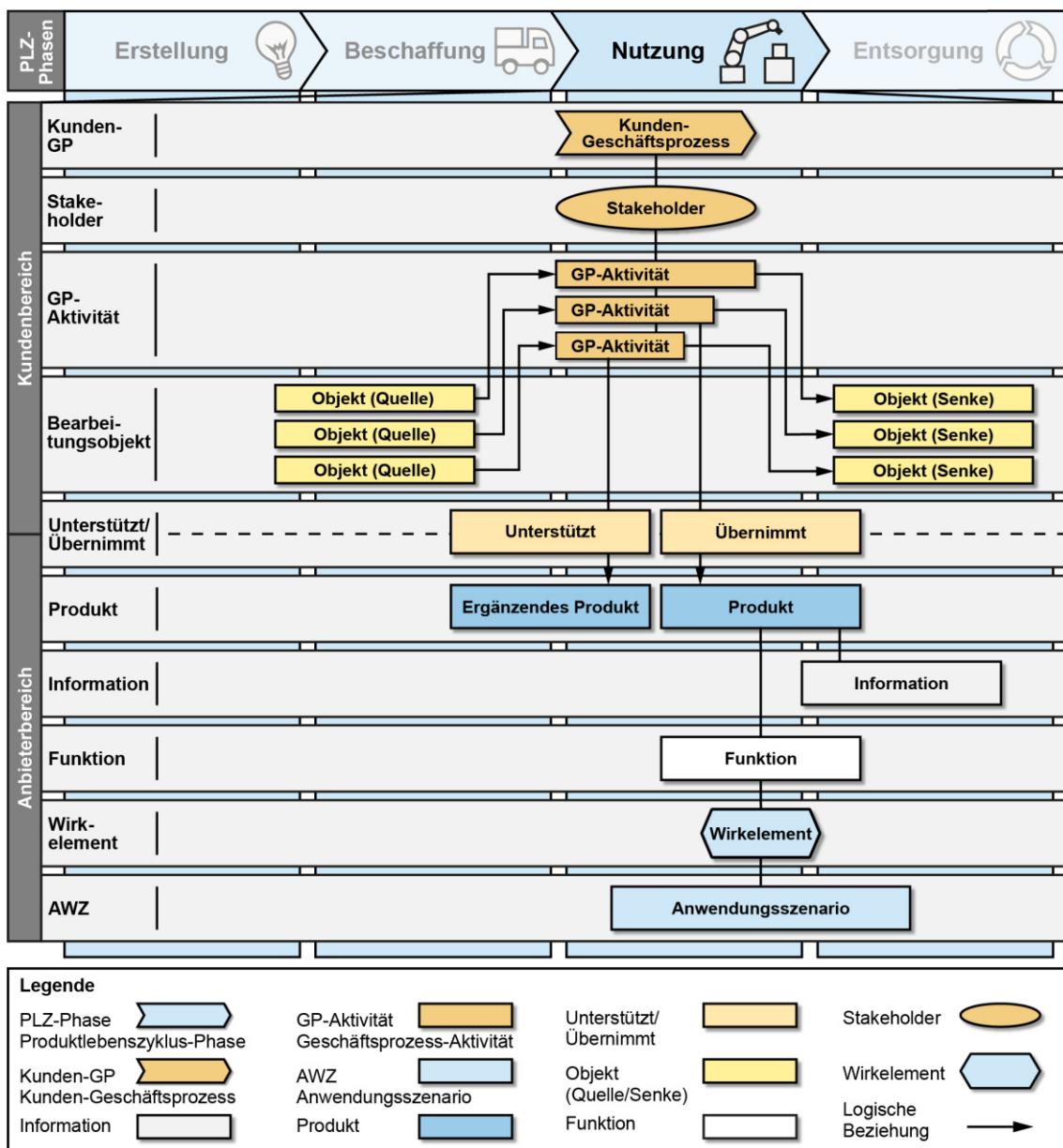


Bild 4-15: Konzeptionelle Darstellung des Produkt-Geschäftsprozess-Schemas

Das Schema greift die bereits eingeführten **vier Phasen des Produktlebenszyklus** auf: Erstellung, Beschaffung, Nutzung und Entsorgung. Durch die Produktlebenszyklus-Phasen wird das Schema vertikal in vier Bereiche geteilt. Horizontal werden die Kategorien Kunden- und Anbieterbereich unterschieden, die das Schema durch die gestrichelten Linien in zwei Hälften teilen. Der Kundenbereich beschreibt Kunden durch Kunden-Geschäftsprozesse und teilt sich wiederum in vier Bereiche auf: Kunden-Geschäftsprozess, Geschäftsprozess-Stakeholder, Geschäftsprozess-Aktivitäten und Bearbeitungsobjekt. Der Anbieterbereich beschreibt das Produkt und seine Systemelemente in fünf Bereichen: Produkt, Informationen, Funktionen, Wirklemente und Anwendungsszenarien. Der Bereich auf der gestrichelten Linie verbindet die Geschäftsprozesse der Kunden mit den Produkten eines Anbieters. Die verschiedenen Bereiche werden nachfolgend erläutert:

Kunden-Geschäftsprozess: Dieser Bereich beinhaltet einen ausgewählten Kunden-Geschäftsprozess (z. B. „Wartung Plattenbelichter“). Dieser hat Berührungs punkte mit dem Referenzprodukt (z. B. „Plattenbelichter“) und ggf. mit ergänzenden Produkten (z. B. „Wartungs-Service“). Zusätzlich können Geschäftsprozesse berücksichtigt werden, die bisher keine Berührungs punkte mit Produkten besitzen. Der ausgewählte Kunden-Geschäftsprozess bildet den Kontext für die Erzeugung einer spezifischen Schema-Sicht.

Stakeholder: Dieser Bereich beinhaltet die an einem Kunden-Geschäftsprozess beteiligten Kunden-Stakeholder (z. B. „Instandhaltung“). Diese Stakeholder haben im Laufe des Produktlebenszyklus Berührungs punkte mit dem Referenzprodukt und ggf. mit ergänzenden Produkten. Die Berührungs punkte sind in Kunden-Geschäftsprozessen spezifiziert. Der Bereich ermöglicht die Suche von Zusatzeigenschaftsideen zur Unterstützung von Stakeholdern.

Geschäftsprozess-Aktivitäten: In diesem Bereich werden die Geschäftsprozess-Aktivitäten des ausgewählten Kunden-Geschäftsprozesses beschrieben (z. B. „Optik reinigen“). Eine Geschäftsprozess-Aktivität wird durchgeführt, um ein Ergebnis zu erreichen oder ein Bearbeitungsobjekt zu verändern. Der Bereich ist ein Ansatzpunkt zur Suche von Zusatzeigenschaftsideen, die die Geschäftsprozess-Aktivität unterstützen oder übernehmen.

Bearbeitungsobjekt: Dieser Bereich beinhaltet die Bearbeitungsobjekte der Geschäftsprozess-Aktivitäten. Durch Geschäftsprozess-Aktivitäten werden Objekte bearbeitet. Das bedeutet, es werden Bearbeitungsobjekte genutzt, erzeugt oder transferiert. Es werden vier Objekttypen unterschieden: IT-Objekte (z. B. E-Mail), Materialobjekte (z. B. Werkstück), Papierobjekte (z. B. Qualitätsregelkarte) und mündliche Informationsobjekte (z. B. Anweisungen). Input jedes Geschäftsprozesses sind Bearbeitungsobjekte, die aus einer bestimmten Quelle (z. B. vorgelagerter Geschäftsprozess oder IT-Objektspeicher) stammen. Output jedes Geschäftsprozesses sind wiederum Objekte, die in Senken gespeichert sind oder in weitere Geschäftsprozess-Aktivitäten einfließen. Die Berücksichtigung der Bearbeitungsobjekte ermöglicht die Suche von Zusatzeigenschaftsideen zur alternativen Bearbeitung dieser Objekte.

Unterstützt/Übernimmt: Dieser Bereich konkretisiert die Beziehung zwischen Produkten und Geschäftsprozess-Aktivitäten. Jedes Produkt löst ein Problem oder übernimmt/unterstützt eine Geschäftsprozess-Aktivität. Der Kunde bezahlt für die Lösung dieses Problems oder die Übernahme/Unterstützung der Geschäftsprozess-Aktivität. Der Bereich schafft einen Überblick über die durch Produkte bzw. Funktionen unterstützten oder übernommenen Geschäftsprozess-Aktivitäten. Bisher nicht übernommene Geschäftsprozess-Aktivitäten werden aufgedeckt und dienen als Ansatzpunkt für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen.

Produkt: Dieser Bereich bietet eine Übersicht über die Produkte, die mit dem ausgewählten Geschäftsprozess Berührungs punkte besitzen oder besitzen sollen (z. B. „Plattenbelichter“). Hierfür werden das Referenzprodukt und ggf. ergänzende Produkte in den Bereich übertragen. Die Produkte unterstützen oder übernehmen Geschäftsprozess-Aktivitäten. Die Berücksichtigung ermöglicht die Suche nach Ideen zur Ausweitung der Übernahme oder Unterstützung von Geschäftsprozessen sowie Geschäftsprozess-Aktivitäten.

Information: Dieser Bereich bietet einen Überblick über wesentliche Informationen und Daten des Referenzprodukts (z. B. zum „Verschleiß“). Die Berücksichtigung dieser Daten und Informationen dient der Suche neuer datengestützter Zusatzeigenschaftsideen.

Funktionen: Dieser Bereich umfasst Funktionen, die Geschäftsprozess-Aktivitäten von Kunden unterstützen oder übernehmen (z. B. „Verschleiß messen“). Durch die Berücksichtigung dieser Funktionen wird ersichtlich, wie Geschäftsprozess-Aktivitäten unterstützt bzw. übernommen werden. Funktionen sind ein wesentlicher Betrachtungsgegenstand der Schema-Sicht.

Wirkelemente: Dieser Bereich umfasst Wirkelemente des Referenzprodukts, die Funktionen aus dem Bereich Funktionen realisieren (z. B. „Sensor“). Es wird eine Übersicht über Wirkstrukturelemente geschaffen, die an der Unterstützung/Übernahme von Geschäftsprozess-Aktivitäten wesentlich beteiligt sind. Der Bereich dient der Suche von Ideen für Wirkelemente, die zusätzliche Funktionen realisieren.

Anwendungsszenarien: Dieser Bereich bietet einen Überblick über Anwendungsszenarien, die für die Unterstützung/Übernahme der Geschäftsprozess-Aktivitäten relevant sind (z. B. „Betrieb: Wartung“). Die Anwendungsszenarien beschreiben das Systemverhalten des Referenzprodukts in bestimmten Situationen. Durch die Veränderung bestehender oder die Erstellung neuer Anwendungsszenarien können Zusatzeigenschaftsideen gefunden werden.

Erzeugung eines Produkt-Geschäftsmodell-Schemas am Beispiel des Plattenbelichters

Zum besseren Verständnis wird die Erzeugung des Schemas am Beispiel des Plattenbelichters erklärt (siehe Bild 4-16). Grundlage für die Erzeugung der Sicht ist ein Systemmodell eines Referenzprodukts (z. B. „Plattenbelichter“).

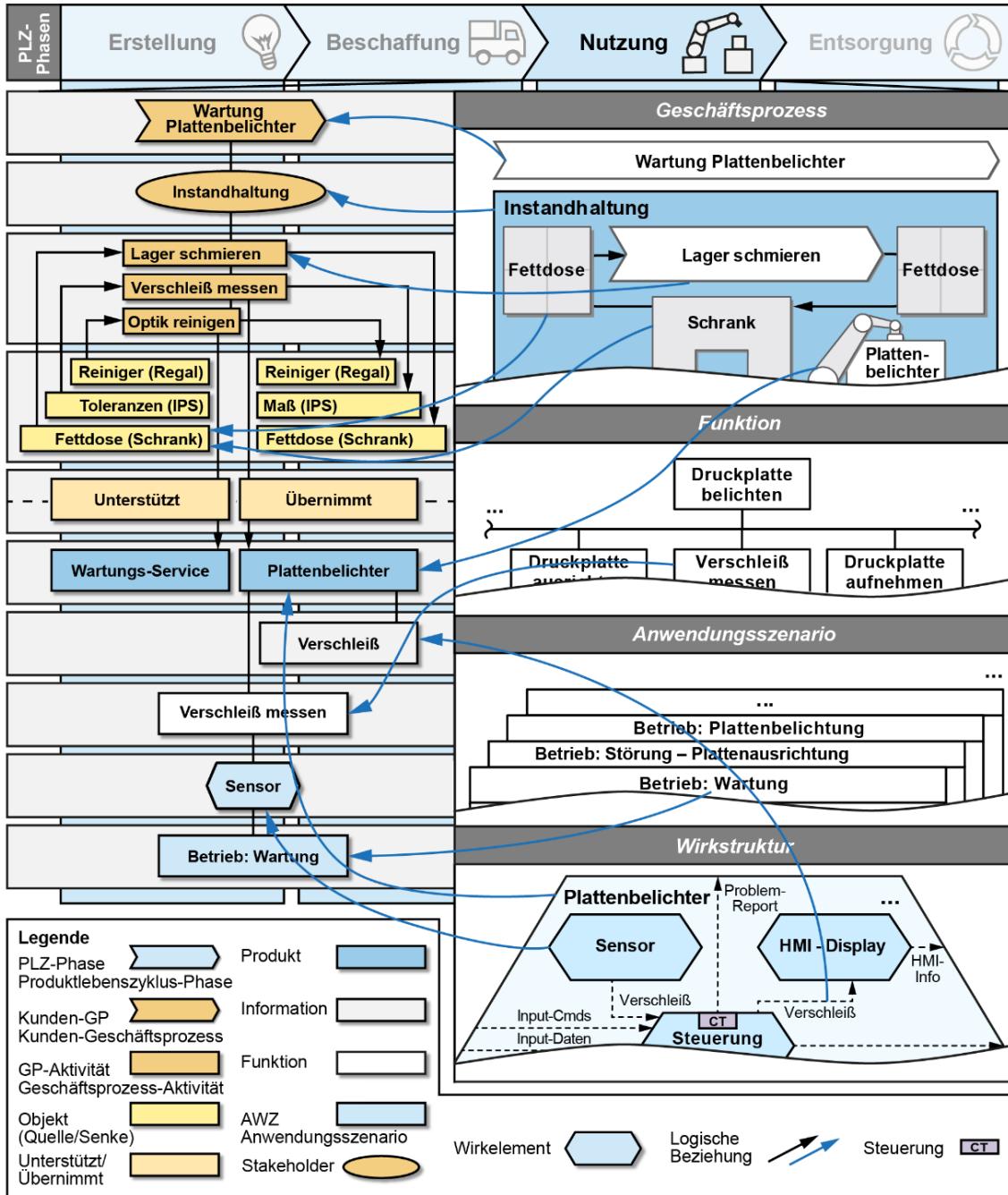


Bild 4-16: Erzeugtes Produkt-Geschäftsprozess-Schema am Beispiel des Plattenbelichters (Auszug)

Die Erzeugung der Schema-Sicht aus dem Systemmodell beginnt mit der Auswahl einer Produktlebenszyklusphase eines Referenzprodukts (z. B. „Nutzungsphase“) und eines in dieser Phase durch den Kunden durchgeführten Geschäftsprozesses (z. B. „Wartung Plattenbelichter“). Der Kunden-Geschäftsprozess (z. B. „Wartung Plattenbelichter“) wird in den Bereich Kunden-Geschäftsprozess übertragen. Im Kunden-Geschäftsprozess sind die Geschäftsprozess-Aktivitäten (z. B. „Lagerschmieren“), die ein- und ausgehenden Bearbeitungsobjekte (z. B. „Reiniger“), die Quellen und Senken der Bearbeitungsobjekte

(z. B. „Schrank“), die Stakeholder (z. B. „Instandhaltung“) und die technischen Ressourcen (z. B. Plattenbelichter) spezifiziert. Diese werden in die entsprechenden Bereiche des Schemas übertragen.

Da der Produktlebenszyklus eines Referenzprodukts (z. B. „Plattenbelichter“) betrachtet wird, ist dieser zwangsläufig Teil jeder Produktlebenszyklusphase. Zur Berücksichtigung des Referenzprodukts wird das oberste aktive Strukturelement (z. B. „Plattenbelichter“), das das System als Ganzes repräsentiert, in den Bereich Produkt des Schemas übertragen.

Das Referenzprodukt und der Kunden-Geschäftsprozess können mit ergänzenden Produkten (z. B. „Wartungs-Service“) assoziiert sein. Die ergänzenden Produkte werden ebenfalls in den Bereich Produkt übertragen.

Das Element „unterstützt“ oder „übernimmt“ ergibt sich aus der Assoziationsbeziehung zwischen Geschäftsprozess-Aktivität (z. B. „Verschleiß messen“) und Produkt (z. B. „Plattenbelichter“). Die Geschäftsprozess-Aktivitäten, die durch das Referenzprodukt unterstützt/übernommen werden, sind mit Funktionen des Referenzprodukts assoziiert. Die assoziierten Funktionen (z. B. „Verschleiß messen“) werden in den Bereich Funktionen übertragen. Die übertragenen Funktionen sind mit Wirkelementen (z. B. „Sensor“) und Anwendungsszenarien (z. B. „Betrieb: Wartung“) assoziiert. Die Elemente werden in die entsprechenden Bereiche des Schemas übertragen.

In der Sicht werden neben dem obersten Wirkstrukturelement Informationsflüsse, die mit informationsverarbeitenden Wirkelementen (z. B. „Steuerungen“) verbunden sind, berücksichtigt. Zur Extraktion der Informationsflüsse wurden die informationsverarbeitenden Wirkelemente des Systemmodells klassifiziert. Die Klassifizierung wird in Bild 4-16 als Annotation (z. B. „CT“ für Controller) an den Systemelementen (z. B. „Steuerung“) dargestellt. Die informationsverarbeitenden Wirkelemente werden nicht berücksichtigt, sondern nur die Informationsflüsse, die mit diesen verknüpft sind. Die Informationsflüsse werden als Elemente (z. B. „Verschleiß“) in den Bereich Informationen übertragen. Um die Übersichtlichkeit des Schemas sicherzustellen, werden innerhalb des Schemas Beziehungen gebündelt und abstrakt als logische Beziehung dargestellt.

Interpretation der erzeugten Schema-Sicht am Beispiel des Plattenbelichters

Die erzeugte Schema-Sicht in Bild 4-16 zeigt, dass dem Kunden ein Referenzprodukt „Plattenbelichter“ und ein ergänzendes Produkt „Wartungs-Service“ angeboten wird. Diese Produkte besitzen mit dem identifizierten Kunden-Geschäftsprozess „Wartung Plattenbelichter“ Berührungspunkte. Der Stakeholder „Instandhaltung“ führt im Rahmen seiner Aufgaben den Kunden-Geschäftsprozess „Wartung Plattenbelichter“ aus.

Der Geschäftsprozess „Wartung Plattenbelichter“ beinhaltet verschiedene Geschäftsprozess-Aktivitäten wie „Lager schmieren“, „Verschleiß messen“ und „Optik reinigen“. Diese Aktivitäten besitzen verschiedene Bearbeitungsobjekte wie „Reiniger“, „Toleranzen“, „Fettdose“ und „Maß“. Die Bearbeitungsobjekte haben verschiedene Quellen und Senken wie „Regal“, „Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssystem (IPS)“ sowie

„Schrank“. Die Geschäftsprozess-Aktivitäten der Kunden werden teilweise durch das ergänzende Produkt „Wartungs-Service“ unterstützt und durch das Referenzprodukt „Plattenbelichter“ übernommen. Die Aktivität „Reinigung der Optik“ wird durch den „Wartungs-Service“ des Produktanbieters unterstützt. Die Geschäftsprozess-Aktivität „Verschleiß messen“ wird durch den Plattenbelichter übernommen. Die Geschäftsprozess-Aktivität ist Teil der Funktion „Verschleiß messen“ des Plattenbelichters. Das bedeutet, die Geschäftsprozess-Aktivität „Verschleiß messen“ wird durch die Funktion „Verschleiß messen“ des Plattenbelichters „übernommen“. Die Funktion „Verschleiß messen“ wird insbesondere durch das Wirkellement „Sensor“ realisiert. Funktion und Wirkellement werden durch das Anwendungsszenario „Betrieb: Wartung“ adressiert. Der Plattenbelichter besitzt u. a. die Information „Verschleiß“. Die Geschäftsprozess-Aktivität „Optik reinigen“ wird bisher weder unterstützt noch übernommen. Auf dieser Grundlage werden anschließend Ideen für die noch nicht unterstützten Geschäftsprozess-Aktivitäten und für die nur durch ergänzende Produkte (z. B. Wartungs-Service) unterstützten Geschäftsprozess-Aktivitäten gesucht.

Vorgehen zur referenzmodellgestützten Ideenfindung mit der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse

Die Produkt-Geschäftsprozess-Analyse unterstützt die Suche von Zusatzeigenschaftsideen durch die integrierte Analyse von Produkten und Kunden-Geschäftsprozessen in spezifischen Sichten. Die Produkt-Geschäftsprozess-Analyse sieht vier Phasen vor, die nachfolgend beschrieben werden (siehe Bild 4-17):

Situationsanalyse: In der ersten Phase werden Referenzprodukte und ergänzende Produkte (z. B. Wartungs-Services) sowie Kunden-Geschäftsprozesse identifiziert. Liegt ein vollständiges Systemmodell vor, dann kann direkt zur zweiten Phase übergegangen werden. Andernfalls müssen zunächst ein Referenzprodukt und ein typischer Kunde eines Referenzprodukts ausgewählt werden. Es können auch mehrere Kunden ausgewählt und zu einem fiktiven typischen Kunden konsolidiert werden. Anschließend werden ergänzende Produkte identifiziert, die dem Kunden komplementär zum Referenzprodukt angeboten werden. Referenzprodukt und ergänzende Produkte werden den entsprechenden Produktlebenszyklus-Phasen (Erstellung, Beschaffung, Nutzung und Entsorgung) zugeordnet. Die Dokumentation von Produkten in verschiedenen Produktlebenszyklusphasen ist zulässig. Da der Produktlebenszyklus des Referenzprodukts betrachtet wird, deckt dieses alle Phasen ab. Für das Referenzprodukt und die ergänzenden Produkte werden Geschäftsprozesse eines Kunden identifiziert, die mit den Produkten Berührungs punkte besitzen (z. B. Wartungsprozess). Es wird die Frage beantwortet: Welche Kunden-Geschäftsprozesse besitzen Berührungs punkte mit Produkten? Resultat sind ausgewählte Produkte und identifizierte Kunden-Geschäftsprozesse.

Kunden-Geschäftsprozessanalyse: In der zweiten Phase werden die bereits identifizierten Kunden-Geschäftsprozesse analysiert, die mit den Produkten Berührungs punkte besitzen. Ergänzend können weitere Kunden-Geschäftsprozesse berücksichtigt werden

(siehe Bild 4-13). Sind die identifizierten Kunden-Geschäftsprozesse im Systemmodell nicht spezifiziert, müssen diese spezifiziert werden. Hierfür werden die Kunden-Geschäftsprozesse mit OMEGA modelliert (vgl. Abschnitt 3.1.1). Anschließend werden die Kunden-Geschäftsprozesse analysiert. Zur Unterstützung der Analyse und der Identifikation von Potentialen in Workshops können Analysekarten verwendet werden (siehe Bild 4-14). Es wird empfohlen, die Analyse in einem interdisziplinären Team durchzuführen. Die Modellierung und Analyse von Kunden-Geschäftsprozessen kann durch die Integration von Kunden (z. B. Lead-User) unterstützt werden. Resultat sind modellierte Geschäftsprozesse mit Aktivitäten und Potentialen.

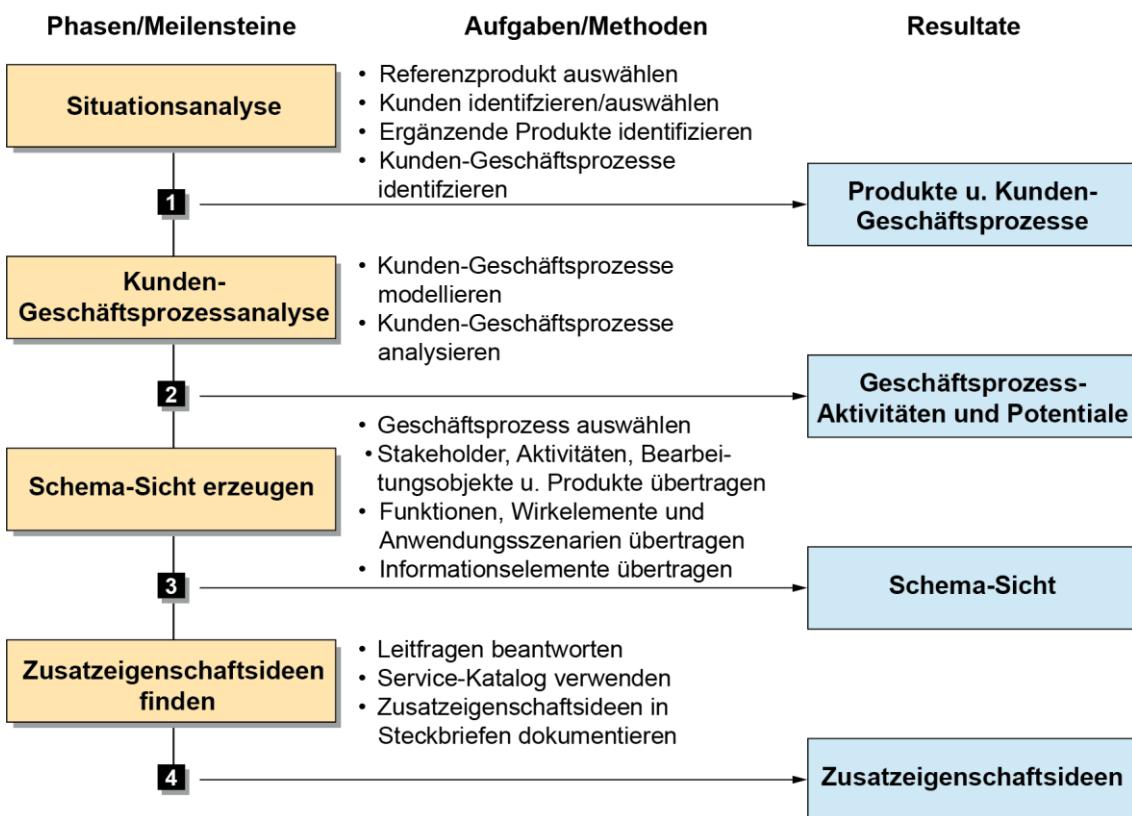


Bild 4-17: Vorgehensmodell der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse

Schema-Sicht erzeugen: Ziel der dritten Phase sind erzeugte Schema-Sichten. Hierfür werden Kunden-Geschäftsprozesse ausgewählt. Für jeden ausgewählten Kunden-Geschäftsprozess wird eine Schema-Sicht erzeugt. Zur Auswahl von Geschäftsprozessen kann auf die ausgefüllten Analysekarten der verschiedenen Geschäftsprozesse zurückgegriffen werden. Kunden-Geschäftsprozesse mit Berührungspunkten zu Produkten, die viele Schwächen, ein hohes Verbesserungspotential und fehlende Kompetenzen besitzen, werden priorisiert behandelt. Ein Kunden-Geschäftsprozess und die Produkte mit Berührungspunkten werden in die Schema-Sicht übertragen. Aus dem Systemmodell und aus den Analysekarten der Geschäftsprozess-Analyse gehen die relevanten Stakeholder (z. B. „Instandhaltung“, Geschäftsprozess-Aktivitäten (z. B. „Optik warten“), Bearbeitungsobjekte (z. B. Reiniger), Quellen und Senken (z. B. „Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssystem“) von Kunden-Geschäftsprozessen hervor, die in das Schema übertragen

werden. Hierbei werden Geschäftsprozess-Aktivitäten teilweise durch logische Beziehung mit den Produkten verknüpft dargestellt. Bei den logischen Beziehungen wird zwischen durch das Produkt unterstützten Geschäftsprozess-Aktivitäten (z. B. Wartungs-Service) und übernommenen Geschäftsprozess-Aktivitäten (z. B. „Verschleiß messen“) unterschieden. Wurden diese Assoziationsbeziehungen im Systemmodell nicht vollständig spezifiziert, dann können zur Unterstützung folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Geschäftsprozess-Aktivitäten werden vom Referenzprodukt unterstützt?
- Welche Geschäftsprozess-Aktivitäten werden übernommen?

Sind die durch das Referenzprodukt übernommenen oder unterstützten Geschäftsprozess-Aktivitäten bekannt, dann werden die jeweiligen Funktionen im Systemmodell in die Schema-Sicht übertragen. Für ergänzende Produkte (z. B. Services) werden keine Funktionen übertragen. Die Funktionen des Referenzprodukts sind im Systemmodell mit Wirkelementen und Anwendungsszenarien assoziiert. Die assoziierten Elemente werden in die Schema-Sicht übertragen. Abschließend wird eine Inventur der Informationen und Daten des Referenzprodukts durchgeführt. Hierfür werden alle Informationsflüsse des Systemmodells, die mit informationsverarbeitenden Wirkelementen (z. B. Steuerung) verknüpft sind, als Informationselement in die Schema-Sicht übertragen. Die Informationselemente bilden die wesentlichen Informationen und Daten des Systems ab. Resultat dieser Phase sind erzeugte Schema-Sichten.

Zusatzeigenschaftsideen finden: In der letzten Phase werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht. Zur Unterstützung der Suche werden die erzeugten Schema-Sichten und die Leitfragen verwendet. Es liegt mindestens ein erzeugtes Schema vor, das die Situation eines Referenzprodukts und eines in Beziehung damit stehenden Kunden-Geschäftsprozesses aufzeigt. Für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen werden insbesondere die Bereiche „Geschäftsprozess-Aktivitäten“, „Unterstützt/Übernimmt“ und „Produkt“ der Schema-Sicht betrachtet. Folgende Leitfragen werden verwendet:

- Können durch ergänzende Produkte (z. B. Wartungs-Service) unterstützte oder übernommene Geschäftsprozess-Aktivitäten durch eine neue Produktgeneration unterstützt oder übernommen werden?
- Können durch Produkte unterstützte Geschäftsprozess-Aktivitäten durch Produktgenerationen oder ergänzende Produkte (z. B. Wartungs-Service) übernommen werden?
- Können weitere Geschäftsprozesse und Geschäftsprozess-Aktivitäten, die bisher nicht unterstützt oder übernommen werden, durch eine neue Produktgeneration unterstützt oder übernommen werden?
- Können weitere Geschäftsprozesse und Geschäftsprozess-Aktivitäten, die nicht unterstützt oder übernommen werden, durch ergänzende Produkte (z. B. Wartungs-Service) unterstützt oder übernommen werden? Zur Inspiration durch Konfrontation wird der Service-Katalog verwendet (siehe Bild 4-12 u. Abschnitt A2.2 im Anhang).

- Die Übernahme oder Unterstützung welcher Geschäftsprozesse und Geschäftsprozess-Aktivitäten schafft einen Nutzen für Kunden, indem die Produkte a) Schwächen eines Geschäftsprozesses ausmerzen, b) fehlende Kompetenzen eines Kunden ausgleichen oder c) Verbesserungspotentiale heben? Zur Identifikation von vielversprechenden Geschäftsprozessen werden die Analysekarten der Geschäftsprozesse betrachtet, insbesondere die Felder Schwächen, Verbesserungspotentiale und Fähigkeiten.
- Kann eine neue Produktgeneration Daten oder Informationen liefern, um a) Schwächen im Kunden-Geschäftsprozess auszumerzen, b) fehlende Kompetenzen von Kunden auszugleichen oder c) Verbesserungspotentiale zu heben? Es werden die Bearbeitungsobjekte bzw. IT-Objekte und Quellen/Senken im Bereich Bearbeitungsobjekte sowie die Informationen des Referenzprodukts im Bereich Informationen des Schemas betrachtet sowie zusätzlich die Analysekarten der Geschäftsprozesse, die Schwächen, Verbesserungspotentiale und fehlende Kompetenzen aufweisen.
- Können Geschäftsprozesse Daten/Informationen liefern, die zur Realisierung von Zusatzeigenschaften benötigt werden? Es werden die Bearbeitungsobjekte bzw. IT-Objekte und Quellen/Senken im Bereich Bearbeitungsobjekte des Schemas sowie die Informationen des Referenzprodukts im Bereich Informationen des Schemas betrachtet.

Die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen können in die jeweilige Schema-Sicht spezifiziert werden. Hierfür können neue logische Beziehungen hergestellt oder bestehende logische Beziehungen verändert sowie neue Funktionen, Wirkelemente oder Anwendungsszenarien in die jeweiligen Bereiche eingetragen werden. Die Zusatzeigenschaftsideen werden in Eigenschaftsideen-Steckbriefen dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1 im Anhang). Resultat sind dokumentierte Zusatzeigenschaftsideen.

4.4 Kundenorientierte Ideenfindung mit Anforderungsprofilen

Ziel der kundenorientierten Ideenfindung in der zweiten Phase des Vorgehens zur modellgestützten Produktfindung sind Zusatzeigenschaftsideen, die Kundenbedürfnisse befriedigen. Hierfür werden Anforderungsprofile verwendet. Ein Anforderungsprofil dient dazu, aktuelle und antizipierte Kundenbedürfnisse eines Segments zu identifizieren und zu bewerten [GP14, S. 121ff.]. Kundenanforderungen werden in dieser Arbeit als Eigenchaften verstanden, die ein Produkt besitzen soll [PL11, S. 35]. Im Fokus der Betrachtung stehen definierte Kundensegmente und Kunden. Es gilt, Kundenbedürfnisse zu identifizieren und Zusatzeigenschaftsideen zur Befriedigung der Bedürfnisse zu finden.

Anforderungsprofile bilden die Grundlage der kundenorientierten Ideenfindung. Im Folgenden werden in Abschnitt 4.4.1 die **Bestandteile von Anforderungsprofilen** und die **Methode Anforderungsprofil-Map** vorgestellt. Kern ist die Workshop-Vorlage für eine Anforderungsprofil-Map. Die **Modellierung von Anforderungsprofilen** ist Gegenstand

von Abschnitt 4.4.2. Die modellierten Anforderungsprofile dienen der Dokumentation und als Grundlage für Analysen. Abschließend wird das **Vorgehensmodell** zur systematischen Verwendung von Anforderungsprofilen zur kundenorientierten **Ideenfindung** in Abschnitt 4.4.3 vorgestellt.

4.4.1 Bestandteile von Anforderungsprofilen und Anforderungsprofil-Maps

Ein Anforderungsprofil wird nach GAUSEMEIER ET AL. kundensegmentspezifisch erstellt und enthält spezifische Kundenanforderungen [GP14, S. 121ff.], [Fre08, S. 54f.]. Klassischerweise werden zur Erstellung von Anforderungsprofilen insbesondere bestehende Kunden mit Methoden der Marktforschung nach spezifischen Produkteigenschaften befragt [Bri10, S. 118ff.]. Die bestehenden Kunden haben bereits Vorgängergenerationen oder andere Produkte aus dem Produktprogramm bezogen. Aus den Befragungen gehen geforderte Produkteigenschaften hervor, die ein segmentspezifisches Profil ausprägen. Die Befragung von Kunden zur Erstellung von Anforderungsprofilen ist jedoch problematisch, da solche Anforderungsprofile überwiegend explizit vom Kunden geäußerte Leistungseigenschaften enthalten. Die Befragungen sind für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen deshalb in der Regel ungeeignet, da Kunden nur begrenzte Kenntnisse über spezifische Technologien und Lösungen der Anbieterbranche besitzen [Ulw02]. Nach dem Kano-Modell sind Leistungseigenschaften dem Kunden bewusst; sie schaffen Zufriedenheit abhängig vom Ausmaß der Erfüllung (vgl. Abschnitt 2.2.3). Begeisterungseigenschaften hingegen sind nutzenstiftende Eigenschaften, die von den Kunden in der Regel nicht explizit genannt werden. Diese Eigenschaften differenzieren das Produkt für den Kunden gegenüber Wettbewerbsprodukten. Begeisterungseigenschaften rufen beim Kunden Begeisterung hervor, weil das Produkt implizite oder vermeintlich unlösbare Probleme löst. Zur Planung von differenzierten Produktgenerationen mit potentiellen Begeisterungseigenschaften sind demzufolge Bedürfnisse von Kunden zu identifizieren und zu analysieren.

Zur systematischen Erstellung von Anforderungsprofilen für die Identifikation und Analyse von Kunden sowie zur Suche von begeisternden Zusatzeigenschaftsideen wird im Folgenden die Anforderungsprofil-Map vorgestellt. Sie eignet sich für die Anwendung in interdisziplinären Workshops. Grundsätzlich werden sechs Bereiche in der Anforderungsprofil-Map unterschieden: Segment, Stakeholder, Ziele, Aufgaben, Probleme und Eigenschaften (siehe Bild 4-18).

In der Anforderungsprofil-Map werden die zwei klassischen Bereiche Segment und geforderte Eigenschaften berücksichtigt. Diese Bereiche setzen die Kundeneigenschaften der Segmente in Beziehung zu den charakteristischen, nachgefragten Produkteigenschaften. Zur Kundenanalyse stehen vier weitere Bereiche zur Verfügung: Stakeholder, Ziele, Aufgaben und Probleme. Diese dienen der Identifikation und Analyse von Kundenbedürfnissen. Die Bereiche der Anforderungsprofil-Map werden nachfolgend erläutert:

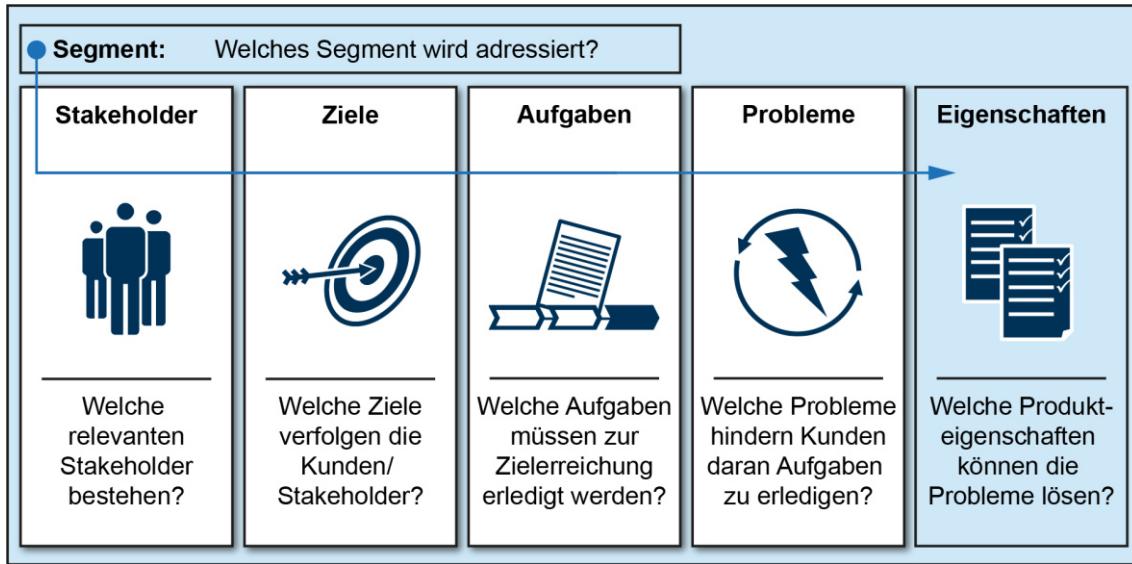


Bild 4-18: Anforderungsprofil-Map (angelehnt an [ATK+18])

Segment: Hier wird die Kundensegmentierung analysiert. Die Anforderungsprofil-Map setzt eine bestehende Markt- bzw. Kundensegmentierung voraus. Zur gezielten Marktbearbeitung ist eine Marktsegmentierung erfolgversprechend. Nach PORTER kann sich diese an drei Merkmalen orientieren: Abnehmertyp, Vertriebskanäle und geographische Standorte der Abnehmer [Por99]. Da in der Regel bereits ein Kunde bzw. ein Kundenstamm der Vorgängergeneration besteht, kann aufbauend auf der Marktsegmentierung eine Kundensegmentierung vorgenommen werden. Die Begriffe Kundensegmentierung und Anforderungssegmentierung werden synonym verwendet [GP14, S. 121f.]. Die Kundensegmentierung kann als Weiterentwicklung der Kundenorientierung verstanden werden, wobei ein Kundensegment im Extremfall aus nur einem Kunden besteht, wie häufig im Maschinen- und Anlagenbau zu beobachten ist. Die Kundensegmente werden anhand von Segmentierungskriterien und spezifischen Ausprägungen gebildet. BRINK schlägt eine Anzahl von etwa 20 Segmentierungskriterien mit 2–5 Ausprägungen je Kriterium vor, die Kunden in allen vom Unternehmen bedienten Marktsegmenten gleichermaßen charakterisieren [Bri10, S. 102f.]. Die bestehenden und potentiellen Kunden werden den Kundensegmenten zugeteilt. Die Segmente enthalten unterschiedliche Kundengruppen mit wesentlichen Gemeinsamkeiten, die sich in einer charakteristischen Ausprägung widerspiegeln. Dies resultiert in produktprogramm- und marktsegmentübergreifenden Segmenten. Durch eine Kundensegmentierung lassen sich Nutzenpotentiale für diese Kunden identifizieren. Diese umfassen gegenwärtige und zukünftige Kundenbedürfnisse bzw. -anforderungen [Sto09, S. 81]. Die Segmentierung bietet somit eine Antwort auf die wichtige Frage: Wer ist der anvisierte Kunde? Allen Segmentierungsansätzen⁸ liegt das Bemühen zugrunde, unterschiedliche Bedürfnisse von Kunden zu erkennen und als Folge davon Produkte an diesen Bedürfnissen auszurichten. Im Rahmen dieser Arbeit werden

⁸ Ansätze zur Kundensegmentierung bieten z. B. [Bri10, S. 102ff.], [BV14, S. 122ff.].

keine Kundensegmente entwickelt, sondern die Ergebnisse der Segmentierung aufgegriffen.

Generell wird für jedes Kundensegment eine Anforderungsprofil-Map erstellt. Hierzu wird jeweils ein Kundensegment in eine Anforderungsprofil-Map übertragen.

Stakeholder: Hier werden die relevanten Stakeholder identifiziert. Dafür wird der Beschaffungsprozess eines oder mehrerer typischer Kunden aus dem adressierten Kundensegment analysiert und die an der Kaufentscheidung beteiligten Personen/Stakeholder identifiziert. Die Kaufentscheidung wird im produzierenden Gewerbe auf Business-to-Business-Märkten in der Regel nicht von einem einzelnen Stakeholder getroffen, sondern von einem Buying-Center in einem organisationalen Beschaffungsprozess [BV14, S. 39ff.], [JB81], [She74], [WW72]. Ferner ist der Käufer in der Regel nicht der direkte Nutzer bzw. Bediener. Buying-Center sind in den Unternehmen nicht zwangsläufig institutionalisiert (z. B. technischer Einkauf oder Anlagenbeschaffung), sondern werden häufig situationsspezifisch gebildet [BV14, S. 39ff.]. Buying-Center sind dementsprechend unterschiedlich zusammengesetzt. Somit müssen zunächst die Stakeholder eines segmenttypischen Buying-Centers identifiziert werden. Zusätzlich können weitere Stakeholder berücksichtigt werden, die im Laufe des Produktlebenszyklus Berührungspunkte mit dem Anbieter-Unternehmen oder dem Produkt haben. Um die verschiedenen Stakeholder zu beschreiben, können sog. Persona-Steckbriefe erstellt werden [CRC+14]. Die Stakeholder werden in die Anforderungsprofil-Map übertragen.

Ziele: Hier werden Hypothesen über die Ziele der Kunden/Stakeholder aufgestellt, um darauf aufbauend Zusatzeigenschaftsideen zu finden. Ein Ziel ist eine Vorstellung von der Zukunft oder dem (langfristig) gewünschten Ergebnis, das eine Person oder eine Gruppe von Personen hat, plant und sich verpflichtet, es zu erreichen [LL90]. In Organisationen werden vielfältige Ziele definiert (z. B. Organisationsziele, strategische oder operative Ziele). Neben den offiziellen Organisationszielen der formalen Organisation gibt es z. B. Abteilungs- und Gruppenziele sowie Ziele der einzelnen Personen in der Organisation [AB09]. Personen in Organisationen reagieren somit nicht nur auf äußere Reize (z. B. Organisationsziele), sondern handeln auch, um selbst gesetzte Ziele zu erreichen [Ros07, S. 16]. Die Ziele der Personen treiben diese an und beeinflussen z. B. die Kaufentscheidung in einem Beschaffungsprozess. Es können auch emotionale Ziele (z. B. Erreichung eines emotionalen Status: Sicherheitsempfinden) und soziale Ziele (z. B. Gewinnung von Macht und Status) berücksichtigt werden. Sind die Ziele der Kunden bekannt, können Ideen für Produkte mit spezifischen Zusatzeigenschaften gefunden werden. Diese Produkte besitzen Eigenschaften, die einen Kundennutzen schaffen, indem sie Kunden dabei helfen, ihre Ziele zu erreichen.

Auf Grundlage der Stakeholder und der Stakeholder-Beschreibungen werden Hypothesen über Ziele der Kunden/Stakeholder entwickelt und diese in die Anforderungsprofil-Map in den Bereich Ziele übertragen. Dabei werden auch zukünftige Ziele der Kunden berücksichtigt. Zur Identifikation der Ziele können die folgenden Fragen verwendet werden:

- Welche Ziele verfolgen die Kunden bzw. die Stakeholder in ihrem Unternehmen?
- Was sind die zukünftigen Ziele, die Kunden bzw. Stakeholder verfolgen?
- Welche Organisationsziele verfolgen die Stakeholder?

Aufgaben: Hier werden die Aufgaben der Kunden bzw. Stakeholder identifiziert. Eine (Arbeits-)Aufgabe ist eine von einem Aufgabenträger bzw. Stakeholder (dauerhaft) wahrgenommene Aufforderung, festgelegte Handlungen zur Erreichung bestimmter Ziele durchzuführen [Sch17b]. KOSIOL definiert eine Arbeitsaufgabe als zweckbezogenes menschliches Handeln [Kos62, S. 21]. Eine Aufgabe ist darüber hinaus etwas, was Kunden in einer bestimmten Situation erledigen wollen [Ulw02], [CDH+16]. Aufgaben stehen dabei im Zusammenhang mit den Zielen der Stakeholder. Der Bereich Aufgaben der Anforderungsprofil-Map basiert auf der Job-to-be-done-Theory (vgl. Abschnitt 3.2.2), die die Aufgaben der Kunden in den Mittelpunkt der Betrachtung stellt [CCH05], [Ulw02]. Hierbei können funktionale und unterstützende Aufgaben sowie soziale und emotionale Aufgaben unterschieden werden [OPB+15, S. 12f.]. Funktionale Aufgaben sind Aufgaben, die erledigt werden müssen, z. B. die Wartung von Plattenbelichtern. Unterstützende Aufgaben sind Aufgaben, die z. B. im Zusammenhang mit dem Kaufprozess stehen, wie ein Leistungs- oder ein Kostenvergleich. Zusätzlich können emotionale Aufgaben (z. B. zur Erreichung eines emotionalen Status: Sicherheitsempfinden) und soziale Aufgaben (z. B. zur Gewinnung von Macht und Status) betrachtet werden.

Es werden die verschiedenen Aufgaben der Stakeholder identifiziert und dokumentiert. Folgende Fragen können bei der Analyse unterstützen:

- Welche Aufgaben müssen zur Zielerreichung erledigt werden?
- Welche Aufgaben wollen Kunden in bestimmten Situationen erledigen?

Probleme: Hier werden Kundenprobleme identifiziert. Ein Produkt soll ein Problem des Kunden lösen, indem es einen Zweck erfüllt [FG13, S. 309]. Ein Problem wird als Schwierigkeit bezeichnet, einen bestehenden Ist-Zustand in einen gewünschten Soll-Zustand zu überführen. Dabei kann der Soll-Zustand ebenfalls unklar sein. Anders als bei Aufgaben ist der Lösungsweg bei Problemen nicht bekannt oder mangelhaft. Bei der Lösung muss somit eine Barriere mit Hilfe eines Lösungsverfahrens bzw. einer Lösung überwunden werden [Ehr07, S. 52ff.]. Probleme beschreiben also unerwünschte Ergebnisse, Hindernisse und Risiken ohne bekannten Lösungsweg. Die Probleme hindern Kunden daran, ihre Aufgaben zu erledigen und damit ihre Ziele zu erreichen. Das Erkennen vermeintlicher Probleme und das Aufstellen von Hypothesen zu Ursache-Wirk-Prinzipien werden auch als Problemidee bezeichnet. Eine Problemidee kann auch zukünftige Probleme adressieren [Eve03, S. 62f.]. Zukünftige Probleme entstehen erst durch den Wandel der Ziele und Aufgaben der Kunden (z. B. durch Trends oder Veränderung von Rahmenbedingungen). Entscheidend für die Beschreibung der Problemidee ist es, zu er-

kennen, dass ein Problem besteht. Mit der Kenntnis des Problems kann dieses näher betrachtet werden, um den Gegenstand, den Umfang, seine Bestandteile und Interdependenzen zu analysieren [Jak13, S. 38f.].

Wenn wenig über das Problem bekannt ist, müssen Informationen gesammelt werden. Bei der Problemerkennung können z. B. Fragekataloge mit sog. W-Fragen unterstützen [Jak13, S. 38f.]:

- Was hindert die Stakeholder daran, ihre Ziele zu erreichen bzw. was ist das Problem?
- Was hindert die Stakeholder in Zukunft daran, ihre Ziele zu erreichen bzw. was ist zukünftig das Problem?
- Wie zeigt sich das Problem?
- Warum ist es ein Problem?
- Wer ist vom Problem betroffen?
- Wo tritt das Problem auf?
- Wann tritt das Problem auf?

Eigenschaften: Hier werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht, die Kundenbedürfnisse befriedigen und dadurch einen Kundennutzen schaffen. Bei der Beschreibung der Eigenschaftsideen wird nicht explizit zwischen Zweck, funktionalen und nicht-funktionalen Produkteigenschaften unterschieden. Sind durch die Kundensegmentierung bereits geforderte Produkteigenschaften bekannt, dann können diese in den Bereich Eigenschaften der Anforderungsprofil-Map übertragen werden. Diese Eigenschaften sind in der Regel Basis- und Leistungseigenschaften, keine Begeisterungseigenschaften (vgl. Abschnitt 2.2.3). Um differenzierte Produkte mit Kundennutzenvorteilen zu entwickeln, müssen Zusatzeigenschaftsideen gefunden und umgesetzt werden, die häufig nicht explizit von Kunden nachgefragt werden. Hierfür werden, basierend auf den identifizierten Zielen, Aufgaben und Problemen der Kunden/Stakeholder, Zusatzeigenschaftsideen gesucht. Folgende Fragen können bei der Suche von Zusatzeigenschaftsideen unterstützen:

- Welche Zusatzeigenschaften muss das Produkt besitzen, damit es Probleme von Kunden/Stakeholdern löst?
- Welche Zusatzeigenschaften muss das Produkt besitzen, damit es Aufgaben von Kunden/Stakeholdern übernimmt, die diese nicht übernehmen möchten?
- Welche Zusatzeigenschaften können Kunden/Stakeholder bei der Erreichung ihrer Ziele unterstützen?

Die kundensegmentspezifischen Zusatzeigenschaftsideen sind das Ergebnis der Anforderungsprofil-Map. Aus wirtschaftlichen Beweggründen können nicht sämtliche Zusatzeigenschaftsideen in einer neuen Produktgeneration umgesetzt werden. Deswegen müssen

Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Kundennutzenpotential und hohem Synergiepotential zur Schaffung von Kundennutzen in anderen Produkten des Produktprogramms identifiziert werden. Die Grundlage dafür bildet die im Abschnitt 4.4.2 beschriebene Modellierung von Anforderungsprofilen.

4.4.2 Modellierung von Anforderungsprofilen

Zur Darstellung, Analyse und Nachverfolgung von Zielen, Aufgaben, Problemen und Zusatzeigenschaftsideen werden Anforderungsprofile modelliert. Hierfür wird das Systemmodell um das Partialmodell Anforderungsprofil erweitert. Das Partialmodell Anforderungsprofil ergänzt das technisch geprägte Partialmodell Anforderungen um Kundensegmente, Kundenbedürfnisse und Zusatzeigenschaftsideen.

In einem Anforderungsprofil-Partialmodell werden die Elemente Kundensegment, Stakeholder, Ziel, Aufgabe und Problem sowie Eigenschaft unterschieden. Zusatzeigenschaftsideen werden als Eigenschaften modelliert. Die Relationen zwischen den Elementen werden durch logische Beziehungen abgebildet. Diese Assoziationsbeziehungen ermöglichen die Darstellung von Abhängigkeitsverhältnissen [Fra06, S. 86f.], [GEK01, S. 311ff.]. Im Anforderungsprofil-Partialmodell werden die verschiedenen Elemente durch logische Beziehungen verknüpft und nachvollziehbar in einer Hierarchie dargestellt. Dies erleichtert die interdisziplinäre Kommunikation und Kooperation. Die Herkunft und die Notwendigkeit der Zusatzeigenschaftsideen sind somit bis auf einzelne Kundenziele der Stakeholder in einem Segment nachvollziehbar dokumentiert. Bild 4-19 zeigt die graphische Notation am Beispiel des Kundensegments „Große Druckereien“ eines Herstellers für Plattenbelichter.

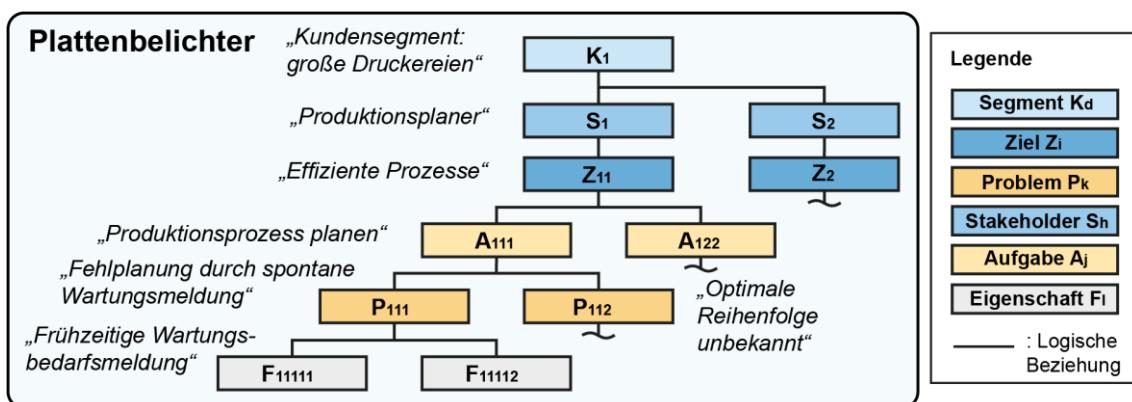


Bild 4-19: Graphische Notation des Anforderungsprofil-Partialmodells am Beispiel des Plattenbelichters (angelehnt an [ATK+18])

Für jeden Stakeholder wird eine Hierarchie erstellt. Eine erste Modellierung kann bereits im Workshop mit der Anforderungsprofil-Map vorgenommen werden. Hierfür werden die verschiedenen Elemente in der Anforderungsprofil-Map logisch miteinander verknüpft. Die Hierarchien werden auf oberster Ebene über die Stakeholder in Beziehung

gesetzt. Die Probleme und Eigenschaftsideen verschiedener Stakeholder können bei Bedarf verknüpft werden. Grundsätzlich sind weitere Beziehungen zwischen den Elementen denkbar. Das Bild 4-20 zeigt exemplarisch die Verknüpfung der Elemente über die Bereiche der Anforderungsprofil-Map am Beispiel eines Plattenbelichters.

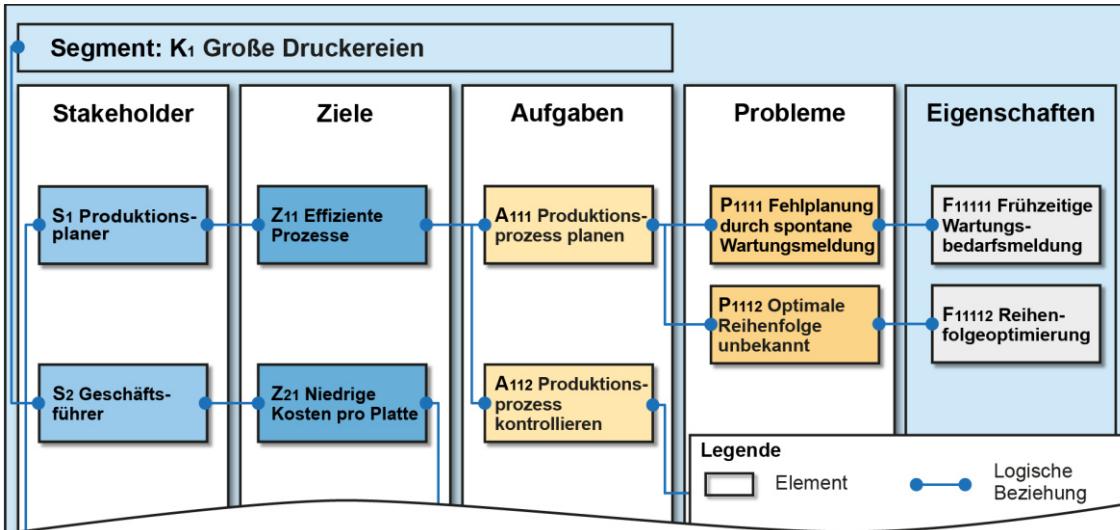


Bild 4-20: Anforderungsprofil-Partialmodell in der Anforderungs-Map am Beispiel des Plattenbelichters (angelehnt an [ATK+19]) (Auszug)

Auf diese Weise entsteht ein Anforderungsprofil-Partialmodell für das Kundensegment „Große Druckereien“. Dieses Partialmodell fügt sich in den MBSE-Ansatz ein und kann mit weiteren Partialmodellen eines Systemmodells in Beziehung gesetzt werden.

4.4.3 Vorgehen zur Ideenfindung mit Anforderungsprofilen

Ziel des Vorgehens sind Zusatzeigenschaftsideen, die potentielle Kundenbedürfnisse befriedigen. Hierfür wird mittels der Anforderungsprofil-Map eine kundenorientierte Ideenfindung durchgeführt. Zur Anwendung im Workshop wird empfohlen, ein interdisziplinäres Team zusammenzustellen (z. B. Produktmanager, Vertrieb, Marktforscher, Service-manager, Innovationsmanager, verschiedene Entwicklungsmanager). Es können auch unternehmensexterne Personen (z. B. Kunden) in den Workshop integriert werden. Das Vorgehen gliedert sich in drei Phasen, die nachfolgend beschrieben werden (siehe Bild 4-21):

Situationsanalyse: Gegenstand dieser Phase ist eine Situationsanalyse und die Auswahl eines Kundensegments (vgl. Abschnitt 4.4.1). Hierfür wird zunächst die vorgegebene Segmentierung gesichtet. Anschließend werden die Kundeneigenschaften der entsprechenden Segmente analysiert, um einen Eindruck von den Kunden bzw. Unternehmen zu gewinnen. Da die Bedürfnisse wesentlich von den spezifischen Eigenschaften der Kunden abhängen, werden spezifische Anforderungsprofile für verschiedene Kundensegmente erstellt [GP14, S. 121f.]. Es ist zu entscheiden, welche Kundensegmente in der Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung berücksichtigt werden. Für die berücksichtigten Kundensegmente wird jeweils ein Anforderungsprofil erstellt. Das

Kundensegment wird in die Anforderungsprofil-Map übertragen. Wenn aus der Kundensegmentierung bereits spezifische geforderte Eigenschaften bekannt sind, dann werden diese in die Anforderungsprofil-Map übertragen. Diese Eigenschaften sind in der Regel Leistungs- oder Basiseigenschaften im Sinne des Kano-Modells, die Kunden nicht begeistern (vgl. Abschnitt 2.2.3). Resultat ist mindestens ein ausgewähltes Kundensegment.

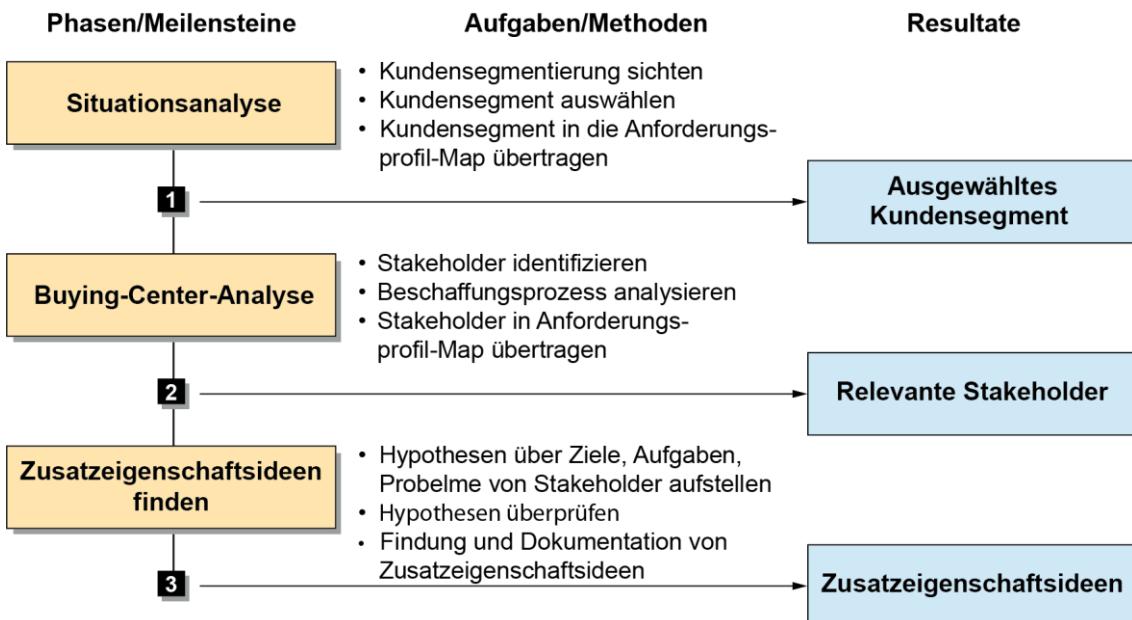


Bild 4-21: Vorgehen zur Ideenfindung mit Anforderungsprofilen (angelehnt an [ATK+18])

Buying-Center-Analyse: Gegenstand der zweiten Phase ist die Identifikation relevanter Stakeholder des Beschaffungsprozesses der Kunden (vgl. Abschnitt 4.4.1). Zur Identifikation wird die Zusammensetzung des Buying-Centers (z. B. Einkäufer, Produktionsleiter, Qualitätsmanager, Berater, Geschäftsführer) eines segmenttypischen Kunden analysiert. Hierfür werden die bestehenden Kunden betrachtet (z. B. der Vorgängergeneration). Um im Workshop die Stakeholder des Buying-Centers eines segmenttypischen Kunden zu identifizieren, wird die Kreativitätstechnik Brainstorming empfohlen [Osb63]. Die potentiellen Stakeholder werden zunächst in einer Liste gesammelt. Anschließend wird der segmentspezifische Beschaffungsprozess analysiert. Hierfür wird der Beschaffungsprozess der Kunden in einem Workshop modelliert. Werden Lead-User in den Workshop integriert, dann können diese Einzelheiten zum Beschaffungsprozess und den Stakeholdern liefern. Die in der Liste gesammelten Stakeholder werden den Aktivitäten des Beschaffungsprozesses zugeordnet. Aktivitäten ohne Stakeholder werden näher betrachtet und ggf. fehlende Stakeholder ermittelt. Für die identifizierten Stakeholder wird empfohlen, jeweils einen Persona-Steckbrief zu erstellen [CRC+14]. Es können auch weitere Stakeholder der Kunden, die nicht am Beschaffungsprozess beteiligt sind, einbezogen werden (z. B. Maschinenbediener). Ein weitgehender Ansatz hierfür ist die Identifikation und Berücksichtigung aller Stakeholder, die mit dem Anbieter-Unternehmen und dem

Produkt im Laufe des Produktlebenszyklus in Berührung kommen. Die Stakeholder werden in die Anforderungsprofil-Map in den Bereich Stakeholder übertragen. Resultat dieser Phase sind die relevanten Stakeholder.

Zusatzeigenschaftsideen finden: Ziel der letzten Phase sind Zusatzeigenschaftsideen, die auf (überprüften) Hypothesen über Ziele, Aufgaben und Probleme von Kunden basieren (vgl. Abschnitt 4.4.1). Zunächst werden Hypothesen entwickelt. Hierfür wird aus Kundensicht der Zweck des Produkts in den Bereich Eigenschaften der Anforderungs-Map eingetragen. Als Orientierung dient der Leitsatz: „Wir benötigen ein Produkt, das ...“ Der Zweck des Produkts kann in der Regel aus der Vorgängergeneration übernommen werden. Aufbauend auf dem Zweck werden sequentiell die Bereiche Probleme, Aufgaben und Kundenziele der Anforderungs-Map befüllt. Die aus den Kerneigenschaften ermittelten Kundenziele bilden den grundsätzlichen Beschaffungsbedarf ab. Anschließend werden Hypothesen entwickelt, die insbesondere Zusatzeigenschaftsideen (potentielle Begeisterungseigenschaften) fokussieren. Hierfür werden Hypothesen über Ziele, Aufgaben und Probleme der identifizierten Stakeholder aufgestellt. Die Stakeholder wurden in der Buying-Center Analyse identifiziert, ggf. in Persona-Steckbriefen dokumentiert und in den Bereich Stakeholder übertragen. Diese Informationen dienen als Grundlage für die Entwicklung von Hypothesen. Die Anforderungsprofil-Map wird von links nach rechts gefüllt. Zunächst wird ein Stakeholder ausgewählt und es werden Hypothesen über dessen Ziele, Aufgaben und Probleme aufgestellt. Anschließend werden basierend auf den Hypothesen über die Bedürfnisse Zusatzeigenschaftsideen gesucht und in die Anforderungsprofil-Map übertragen. Die aufgestellten Hypothesen werden mit Hilfe von Methoden der Marktforschung (z. B. Kundenbefragung und -beobachtung) überprüft⁹. Zur Dokumentation und Analyse wird ein Anforderungsprofil-Partialmodell erstellt (vgl. Abschnitt 4.4.2). Hierzu werden die einzelnen Stakeholder mittels logischer Beziehungen mit ihren Zielen verknüpft, um den Ursprung der Ziele festzuhalten. Analog wird für die weiteren Stakeholder verfahren. Die Hypothesen über Ziele, Aufgaben, Probleme und die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen werden ebenfalls durch logische Beziehungen verknüpft. Abschließend werden die Zusatzeigenschaftsideen in Eigenschafts-Steckbriefen dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1 im Anhang). Resultat dieser Phase sind dokumentierte Zusatzeigenschaftsideen.

4.5 Bewertung und Auswahl von Ideen

Gegenstand der letzten Phase des Vorgehens zur modellgestützten Produktfindung ist die Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen für eine neue Produktgeneration. Hierfür müssen gefundene Zusatzeigenschaftsideen mit einer Bewertungsmethode anhand von Kriterien bewertet und durch Entscheidungsträger ausgewählt werden.

⁹ Einen Überblick über Methoden zur Datenerhebung in der Marktforschung bietet z. B. [GDE+18, S. 100ff.].

Aus der Literatur geht hervor, dass sich zur Bewertung von Ideen mehrstufige Bewertungsprozesse bewährt haben (vgl. Abschnitt 2.5.5) [Wal15, S. 145], [Ama83, S. 190], [Osb63]. Die Bewertung erfolgt aus diesem Grund mehrstufig, ausgehend von einer Grobbewertung vieler Ideen bis hin zur Feinbewertung weniger Ideen.

Die notwendige Anzahl an Bewertungskriterien wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Einige Autoren kritisieren die geringe Anzahl von Bewertungsdimensionen und -kriterien [CdB84, S. 149ff.]. Andere Autoren plädieren für wenige wesentliche Dimensionen und Kriterien zur effizienten Bewertung [BA86, S. 32ff.]. Um eine pragmatische Bewertung von Zusatzeigenschaften sicherzustellen, wird ein mehrstufiges Vorgehen verfolgt und die Anzahl der Bewertungsdimensionen und -kriterien begrenzt. Zur Grobbewertung und Vorauswahl von Ideen wird dabei auf wenige Bewertungskriterien zurückgegriffen, um den Bewertungsaufwand zu reduzieren.

In der Systematik erfolgt die Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen in drei Phasen. Die einzelnen Phasen werden nachfolgend vorgestellt (siehe Bild 4-22):

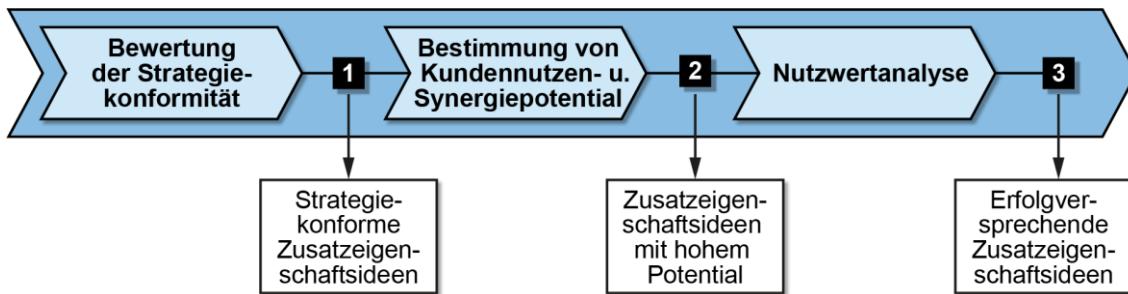


Bild 4-22: Vorgehensmodell zur Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen

Zunächst werden die verschiedenen Zusatzeigenschaftsideen grob bewertet, um deren Anzahl zu reduzieren. Hierfür wird die **Strategiekonformität der Zusatzeigenschaftsideen** bewertet (vgl. Abschnitt 4.5.1). Es resultieren strategiekonforme Zusatzeigenschaftsideen. Anschließend werden das **Kundennutzenpotential und das Synergiepotential** der strategiekonformen Zusatzeigenschaftsideen bestimmt, um die verbleibende Anzahl der Zusatzeigenschaftsideen weiter zu reduzieren (vgl. Abschnitt 4.5.2). Ergebnis der Phase sind Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Potential. Abschließend werden die verbleibenden Zusatzeigenschaftsideen mittels einer **Nutzwertanalyse** bewertet und ausgewählt. Hierfür werden fünf Bewertungsdimensionen und 20 Bewertungskriterien vorgeschlagen (vgl. Abschnitt 4.5.3). Aus der Bewertung resultieren erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen.

4.5.1 Bewertung der Strategiekonformität von Zusatzeigenschaftsideen

Ziel der ersten Phase der Bewertung sind strategiekonforme Zusatzeigenschaftsideen und eine reduzierte Ideenanzahl. Hierfür werden die Zusatzeigenschaftsideen zunächst grob hinsichtlich ihrer Strategiekonformität bewertet.

In der Grobbewertung wird die Konformität der Zusatzeigenschaftsideen mit den spezifischen Zielen überprüft. Hierfür müssen die spezifischen Ziele der Produktgenerationenplanung bzw. des Planungsprojekts bekannt sein. Sind diese nicht bekannt, können sie bspw. aus der Unternehmens- bzw. Geschäftsstrategie abgeleitet werden. Eine geeignete Methode zur Ableitung spezifischer Ziele ist die Zielhierarchisierung [HWF+12, S. 224f.]. Bei der Erstellung einer Ziel-Mittel-Hierarchie werden aus den Geschäftszielen Oberziele abgeleitet, die als Mittel zur Erreichung der Geschäftsziele angesehen werden können. Die Oberziele werden in einem nächsten Schritt weiter in Unterziele untergliedert. Dabei sind die Unterziele das Mittel für die Oberziele. Um den Bewertungsaufwand handhabbar zu halten, sollten möglichst nur wenige Ziele definiert werden. Anschließend werden die Ziele auf etwaige Zielkonflikte untersucht. Um Zielkonflikte zu vermeiden, kann eine Zielkonsistenzanalyse mittels Konsistenzmatrix durchgeführt werden [GP14, S. 62]. Grundsätzlich lassen sich drei Arten von Zielbeziehungen unterschieden [Hut15, S. 54ff.]:

- **Zielkomplementarität:** Zwei formulierte Ziele beeinflussen sich gegenseitig positiv.
- **Zielkonflikt:** Zwei formulierte Ziele beeinflussen sich gegenseitig negativ.
- **Indifferente Ziele:** Zwei formulierte Ziele beeinflussen sich gegenseitig nicht.

Abschließend werden die Ziele nach Relevanz für ein Unternehmen zur Erreichung eines Oberziels gewichtet. Hierfür kann unterstützend ein paarweiser Vergleich der Ziele mittels einer Relevanzmatrix durchgeführt werden (vgl. [GP14, S. 53f.]).

Bestimmung der Zielbeiträge der Zusatzeigenschaftsideen

Sind die Ziele bekannt, konfliktfrei und gewichtet, dann wird mit einer Zielbeitragsmatrix der Zielbeitrag der Zusatzeigenschaftsideen bewertet. Die Bewertungsmethode ist angelehnt an die Arbeiten von WLEKLINSKI und BALÁZOVÁ (vgl. Abschnitt 3.3.3) [Wle01, S. 101ff.], [Bal04, S. 90]. Dabei wird die Frage beantwortet: „Wie stark trägt die Eigenschaftsidee 1 (Zeile) zum Ziel j (Spalte) bei?“ Diese Frage wird beantwortet mit: „0 \leq kein Beitrag“ bis „3 \leq starker Beitrag“. Bild 4-23 zeigt eine Zielbeitragsmatrix der Zusatzeigenschaftsideen am Beispiel eines Plattenbelichters.

Nach der Bewertung in der Zielbeitragsmatrix liegt eine vollständige Beschreibung der Beiträge der Zusatzeigenschaftsideen zu den Zielen vor. Zur Auswertung der Zielbeitragsmatrix wird die gewichtete Zielwirkung je Zusatzeigenschaftsidee ermittelt.

Gewichtete Zielwirkung: Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Relevanz der Ziele, die vorher z. B. durch einen paarweisen Vergleich bestimmt wurden, wird die gewichtete Zielwirkung der Zusatzeigenschaftsideen gebildet. Diese wird aus der Summe der gewichteten Zielbeiträge der Zusatzeigenschaftsidee berechnet.

$$Z_I = \sum_{j=1} Z_{Ij} \cdot g_j$$

Gleichung 4-1: Berechnung der gewichteten Zielwirkung

Z_I : Gewichtete Zielwirkung der Zusatzeigenschaftsidee I

Z_{Ij} : Zielbeitrag der Zusatzeigenschaftsidee I zum Ziel j

g_j : Gewichtung des Ziels j

Die Zusatzeigenschaftsideen werden nach der gewichteten Zielwirkung in eine Rangfolge gebracht (hohe bis niedrige gewichtete Zielwirkung). Zusatzeigenschaftsideen mit niedriger gewichteter Zielwirkung werden zurückgestellt und nicht weiter betrachtet. Die Anzahl der Zusatzeigenschaftsideen wird in diesem Schritt deutlich reduziert (z. B. Auswahl der besten 30 Zusatzeigenschaftsideen nach Rangfolge).

Zielbeitragsmatrix der Zusatzeigenschaftsideen		Ziel j	Gewichtete Zielwirkung ZI						Rangfolge Zusatzeigenschaftsideen
Zielgewicht	Zusatzeigenschaftsidee FI		Nr.	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	
Selbstreinigende Optik	F1	2	1	2	0	2	...	...	0,9 3
Belichtungsqualitätsprüfung	F2	3	3	2	0	2	...	...	1,3 2
Intelligenter Wartungsplaner	F3	3	2	3	2	1	...	...	2,0 1
Filterzustandsanzeige	F4	1	1	1	0	0	...	...	0,4 4
Zusätzliche Wartungsluke	F5	0	2	0	0	0	...	...	0,2 5
...

Bild 4-23: Zielbeitragsmatrix der Zusatzeigenschaftsideen am Beispiel eines Plattenbelichters (Auszug)

4.5.2 Bestimmung des Kundennutzen- und Synergiepotentials von Zusatzeigenschaftsideen

Ziel der zweiten Phase sind Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Kundennutzen- und Synergiepotential sowie eine reduzierte Ideenzahl. Hierfür werden die Zusatzeigenschaftsideen im Hinblick auf ihr Kundennutzen- und Synergiepotential bewertet.

Zur Vorbereitung der Bewertung wird überprüft, ob alle Zusatzeigenschaftsideen mindestens in einem Anforderungsprofil vorkommen (vgl. Abschnitt 4.4). Die Zusatzeigenschaftsideen aus der referenzmodellgestützten Ideenfindung werden in die Anforderungsprofile übertragen und mit Stakeholdern, Kundenzielen, -aufgaben und -problemen verknüpft. Ggf. müssen hierfür in den Anforderungsprofilen weitere Stakeholder berücksichtigt sowie neue Hypothesen über Kundenziele, -aufgaben und -probleme aufgestellt werden. Sind alle Zusatzeigenschaftsideen in den Anforderungsprofilen verortet, kann die Bewertung beginnen.

Um das Potential einer Zusatzeigenschaftsidee zu bestimmen, werden in zwei Schritten das Kundennutzenpotential und das Synergiepotential ermittelt. Die Zusatzeigenschaftsideen im Anforderungsprofil werden im ersten Schritt hinsichtlich des Kundennutzenpotentials für eine neue Produktgeneration analysiert. Im zweiten Schritt werden mittels der Anforderungsprofile des Produktpfogramms die Synergiepotentiale der Zusatzeigenschaftsideen zur Schaffung von Kundennutzen in anderen Produkten untersucht. In einem dritten Schritt werden Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Potential identifiziert und ausgewählt.

Bestimmung des Kundennutzenpotentials von Zusatzeigenschaftsideen

Es werden die Kundennutzenpotentiale der Zusatzeigenschaftsideen bestimmt. Hierfür wird auf das Anforderungsprofil-Partialmodell zurückgegriffen (vgl. Abschnitt 4.4.2), in dem die Elemente mit den Attributen Entscheidungsgewicht der Stakeholder E_h , relativer Beitrag $g_{i,j,k,l}$, absolute Gewichtung $G_{i,j,k,l}$ und Auftrittswahrscheinlichkeit $r_{k,l}$ versehen werden (siehe Bild 4-24).

Elemente					
Segment Kd	Stakeholder Sh	Ziel Zi	Aufgabe Aj	Problem Pk	Eigenschaft Fi
	E_h	g_i G_i	g_j G_j	g_k G_k r_k	g_l G_l r_l E_h
Legende					
E_h : Entscheidungsgewicht des Stakeholders h in %	$g_{i,j,k,l}$: Relativer Beitrag des Ziels i , der Eigenschaft j , des Problems k oder der Eigenschaft l zu übergeordneten Zielen, Aufgaben, Problemen oder Eigenschaften in %	$G_{i,j,k,l}$: Absolute Ziel-, Aufgaben-, Problem- oder Eigenschaftsgewichtung in %	$r_{k,l}$: Auftrittswahrscheinlichkeit des Problems k in %		

Bild 4-24: Attribution der Elemente des Anforderungsprofil-Partialmodells

Stakeholder und Eigenschaften erhalten das Attribut „Entscheidungsgewicht“ an der Beschaffungsentscheidung. Die Elemente „Ziel“, „Aufgabe“, „Problem“ und „Eigenschaft“ erhalten die Attribute „relativer Beitrag“ des Ziels, der Aufgabe, des Problems oder der Eigenschaft zu einem übergeordneten Ziel, einer übergeordneten Aufgabe, einem übergeordneten Problem oder einer übergeordneten Eigenschaft. Ferner erhalten die Elemente „Ziel“, „Aufgabe“, „Problem“ und „Eigenschaft“ das Attribut absolutes Ziel-, Aufgaben-, Problem- oder Eigenschaftsgewicht. Probleme und Eigenschaften werden zusätzlich mit dem Attribut Auftrittswahrscheinlichkeit versehen.

Es gilt, die Faktoren der jeweiligen Elemente zu bestimmen, um die Kundennutzenpotentiale der Zusatzeigenschaftsideen zu ermitteln. Hierfür wird im Workshop eine Stakeholder-Sicht eingenommen. Zusätzlich können Kunden (z. B. Lead-User) in die Potentialanalyse integriert und Marktforschungsmethoden verwendet werden (z. B. Conjoint-Analyse), um die einzelnen Faktoren zu bestimmen. Das Ziel ist der Ermittlung der Kundennutzenpotentiale der Zusatzeigenschaftsideen, die über die Faktoren absolutes Eigenschaftsgewicht G_{ijkl} , Auftrittswahrscheinlichkeit r_kl und Entscheidungsgewicht E_h der Eigenschaften ermittelt werden. Das Kundennutzenpotential wird folgendermaßen bestimmt:

$$n_l = \sum_{h=1} G_{lh} \cdot r_l \cdot E_h$$

Gleichung 4-2: Berechnung des Kundennutzenpotentials

n_l : Kundennutzenpotential der Eigenschaft F_l

G_{lh} : Absolutes Gewicht der Eigenschaft F_l zum Ziel Z_i in %

E_h : Entscheidungsgewicht des Stakeholders S_h in %

r_k : Auftrittswahrscheinlichkeit des in Beziehung stehenden Problems r_k in %

Attribution und Faktorenbestimmung am Beispiel eines Plattenbelichters

Das Bild 4-25 veranschaulicht die Attribution am Beispiel eines Plattenbelichters. Nachfolgend werden die einzelnen Faktoren exemplarisch bestimmt:

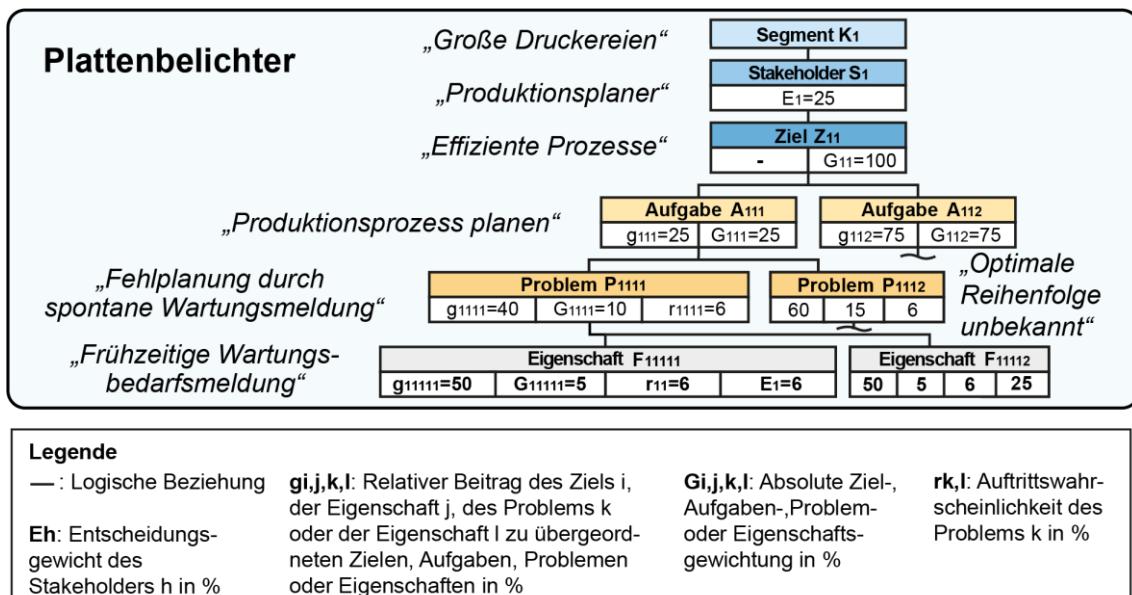


Bild 4-25: Ermittlung des Kundennutzenpotentials an einem Beispiel (Auszug)

Zunächst wird das jeweilige Entscheidungsgewicht der Stakeholder analysiert. Die Stakeholder eines Buying-Centers sind mit einem bestimmten Gewicht an der Kaufentscheidung beteiligt [BV14, S. 43ff.]. Das Entscheidungsgewicht jedes Stakeholders wird abgeschätzt. Alternativ kann zur Ermittlung der Entscheidungsgewichte eine Relevanzmatrix verwendet werden (vgl. [GP14, S. 53f.]). Im Beispiel hat der Stakeholder „Produktionsplaner“ ein Entscheidungsgewicht von 25 % im Buying-Center.

Anschließend werden die relativen Beiträge der Ziele je Stakeholder ermittelt. Im Beispiel Plattenbelichter wird der relative Beitrag des Ziels „effiziente Prozesse“ des Stakeholders „Produktionsplaner“ ermittelt (siehe Bild 4-25). Da es keine weiteren Ziele gibt, entspricht der relative Beitrag dem absoluten Zielgewicht von 100 %. Sind die Ziele durch Unterziele im Sinne einer Ziel-Mittel-Beziehung untergliedert, werden die relativen Zielbeiträge der einzelnen Unterziele zu den übergeordneten Zielen in einer Zielgewichtung ermittelt [HWF+12, S. 224f.], [Sch13, S. 40ff.]. Die Ermittlung der relativen Beiträge der Faktoren (Ziele, Aufgaben, Probleme oder Eigenschaften) zu einem übergeordneten Faktor (Ziele, Aufgaben, Probleme oder Eigenschaften) wird durch einen paarweisen Vergleich in einer Relevanzmatrix unterstützt (vgl. [GP14, S. 53f.]). Dafür werden die Faktoren auf einer Ebene der Hierarchie paarweise bewertet. Bei der Relevanzbewertung steht folgende Frage im Vordergrund: „Ist der Faktor in der Zeile wichtiger für den übergeordneten Faktor (Ziele, Aufgaben, Probleme und Eigenschaften) als der Faktor in der Spalte?“ Bewertet wird auf der Skala „1 ≈ gleichbedeutend“ bis „9 ≈ absolut dominierend“.

Aufbauend auf der Relevanzmatrix wird der Eigenvektor zum maximalen Eigenwert berechnet, um den relativen Beitrag der Ziele zu einem übergeordneten Ziel zu bestimmen. Das Verfahren ist an den Analytic Hierarchy Process angelehnt (vgl. Abschnitt 3.3.2) [Saa01], [Saa86]. Um die relativen Beiträge der Ziele zu bestimmen, wird aus der Relevanzmatrix eine normalisierte Relevanzmatrix erstellt. Jeder Wert der Relevanzmatrix wird dazu durch die jeweilige Spaltensumme dividiert. Um die Gewichte der einzelnen Faktoren zu erhalten, wird der Mittelwert jeder Zeilensumme ermittelt. Es resultiert der auf 1 normierte, relative Beitrag der Ziele.

Auf Grundlage der Zielhierarchie wird der relative Beitrag der erfolgreichen Erledigung einer Aufgabe zur Erreichung der Ziele der Kunden bewertet. Dabei wird dem Ziel-Mittel-Ansatz weiter gefolgt. Um die relativen Beiträge der Aufgaben bzw. die relative Bedeutung der Aufgaben zu bestimmen, wird wiederum eine Relevanzmatrix aufgestellt und analog zur Bestimmung der relativen Zielbeiträge verfahren. In dem Plattenbelichter-Beispiel hat die Aufgabe „Produktionsprozessplanung“ einen relativen Beitrag von 25 % und die Aufgabe „Prozesse kontrollieren“ einen relativen Beitrag von 75 % zur Erreichung des Ziels „effiziente Prozesse“.

Im nächsten Schritt wird die relative Bedeutung bzw. der relative Beitrag der Lösung eines Problems zur Erledigung einer Aufgabe ermittelt. An dieser Stelle wird erneut eine

Relevanzmatrix aufgestellt und analog zur Bestimmung der relativen Zielbeiträge verfahren. Im Beispiel hat das Problem „Fehlplanung durch spontane Wartungsmeldung“ einen relativen Beitrag bzw. eine Bedeutung von 40 % und das Problem „Optimale Reihenfolge unbekannt“ einen relativen Beitrag bzw. eine Bedeutung von 60 % an der fehlerhaften Durchführung der Aufgabe „Produktionsprozess planen“.

Zusätzlich wird die Auftrittswahrscheinlichkeit der Probleme ermittelt. Die Auftrittswahrscheinlichkeit der Probleme wird auf der Skala „1 \triangleq geringe Wahrscheinlichkeit“ bis „9 \triangleq hohe Wahrscheinlichkeit“ bewertet und anschließend auf 1 normiert. Für die Bewertung wird die Frage beantwortet: Wie wahrscheinlich tritt das Problem aktuell oder zukünftig bei Kunden auf? Ein möglicher Bewertungsmaßstab wird im Anhang vorgeschlagen (vgl. Abschnitt A2.1). Die Auftrittswahrscheinlichkeit eines Problems kann anhand eines Referenzprodukts eingeschätzt werden (z. B. Vorgängergeneration oder Wettbewerbsprodukt). Zusätzlich können Kunden befragt werden. Im Beispiel bedeutet dies: Die „Fehlplanung durch spontane Wartungsmeldung“ ist häufig ein Problem bei der Aufgabe „Produktionsprozess planen“ und wird deshalb mit der Auftrittswahrscheinlichkeit von „6 \triangleq mittlere Wahrscheinlichkeit“ bewertet.

Die Auftrittswahrscheinlichkeit eines Problems wird an die verknüpften Eigenschaftsideen vererbt. Somit besitzen diese den gleichen Wert. Beispielsweise hat die Eigenschaftsidee „frühzeitige Wartungsbedarfsmeldung“ eine vererbte Auftrittswahrscheinlichkeit von „6 \triangleq mittlere Wahrscheinlichkeit“, die bereits im Problem „Fehlplanung durch spontane Wartungsmeldung“ ermittelt wurde.

Anschließend werden die relativen Beiträge der Eigenschaftsideen ermittelt. Erneut wird analog zur Bestimmung der relativen Zielbeiträge vorgegangen. Im Beispiel besitzt die „frühzeitige Wartungsbedarfsmeldung“ einen relativen Beitrag bzw. eine relative Bedeutung von 50 % an der Lösung des Problems „Fehlplanung durch spontane Wartungsmeldungen“.

Danach werden die absoluten Ziel-, Aufgaben-, Problem- und Eigenschaftsgewichte der Faktoren bestimmt. Im Beispiel hat die Zusatzeigenschaftsidee „frühzeitige Mitteilung des Wartungsbedarfes“ ein absolutes Zielgewicht von 5 % am Ziel „effiziente Prozesse“ des Stakeholders „Produktionsplaner“.

Abschließend werden die Kundennutzenpotentiale der Zusatzeigenschaftsideen ermittelt. Hierfür wird auf die Faktoren absolutes Gewicht einer Zusatzeigenschaftsidee, die vererbten Auftrittswahrscheinlichkeiten der Probleme und das Entscheidungsgewicht der verknüpften Stakeholder zurückgegriffen.

Das ermittelte Kundennutzenpotential beruht vollständig oder teilweise auf Hypothesen. Das Kundennutzenpotential kann sich in der Zukunft durch veränderte Bedürfnisse ändern (z. B. durch neue Aufgaben). Aus diesem Grund muss die Überprüfung der Hypothesen und die Bestimmung der Kundennutzenpotentiale regelmäßig wiederholt werden.

Bestimmung des Synergiepotentials von Zusatzeigenschaftsideen

Nachdem im ersten Schritt die Kundennutzenpotentiale bestimmt wurden, wird in einem zweiten Schritt das Synergiepotential der Zusatzeigenschaftsideen im Produktprogramm bestimmt. Ein Produktprogramm besteht häufig aus vielen verschiedenen Produkten, Produktlinien und -familien, für die Produktgenerationen geplant werden. Die Produktgenerationenplanung der verschiedenen Produkte im Produktprogramm läuft häufig parallel ab; dabei entstehen vielfältige Anforderungsprofile entsprechend der gewählten Segmentation. Zur Erschließung von Synergiepotentialen wird das gesamte Produktprogramm berücksichtigt. Es umfasst die bestehenden Produkte, die Produktgenerationen, die sich gerade in Entwicklung (Entwicklungsgenerationen) befinden, und weitere geplante Produktgenerationen, die jeweils mit Anforderungsprofilen verbunden sind. Ein Synergiepotential besteht, wenn die Integration einer Zusatzeigenschaftsidee (z. B. Condition Monitoring für Plattenbelichter) auch in anderen Produkten bzw. Produktgenerationen im Produktprogramm erfolgversprechend ist. Kann eine Zusatzeigenschaftsidee auch in Produktgenerationen anderer Produkte integriert werden, dann besitzt diese das Potential, einen Nutzen für Kunden anderer Produkte zu schaffen. Gleichzeitig haben diese Zusatzeigenschaftsideen das Potential, einen Anbieternutzen durch Synergieeffekte zu generieren.

Um das Synergiepotential von Zusatzeigenschaftsideen zu bestimmen, werden die Probleme von verschiedenen Anforderungsprofilen des Produktprogramms näher betrachtet. Voraussetzung dafür sind bestehende Anforderungsprofile der Produkte des Produktprogramms. Um das Synergiepotential einer Zusatzeigenschaftsidee zu bestimmen, wird die Ähnlichkeit von Problemen in verschiedenen Anforderungsprofilen bewertet. Dem liegt die Überlegung zugrunde, dass ähnliche Probleme in verschiedenen Anforderungsprofilen adressiert werden können. Das Bild 4-26 stellt die Analyse der Synergiepotentiale auf Grundlage der Anforderungsprofil-Partialmodelle von Produkten im Produktprogramm schematisch dar.

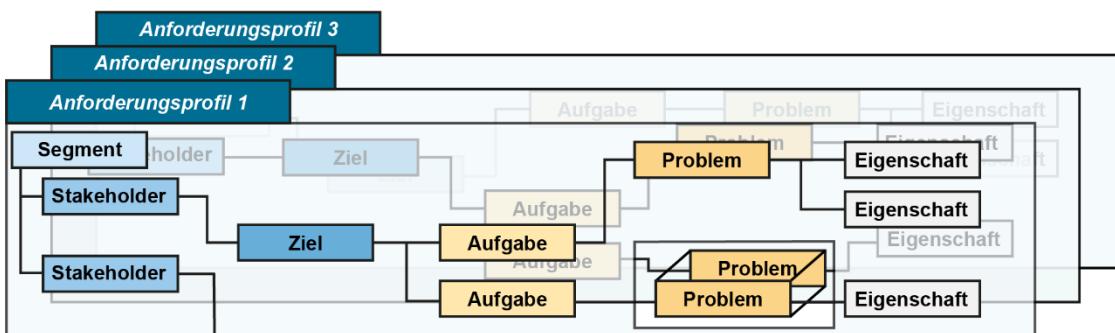


Bild 4-26: Schematische Darstellung der Synergiepotentialanalyse

Zur Ähnlichkeitsanalyse von Problemen in verschiedenen Anforderungsprofilen werden die erhobenen Probleme anhand einer Konsistenzmatrix bewertet [GP14, S. 62]. Mit der Konsistenzmatrix werden die durch die verschiedenen Anforderungsprofile adressierten Probleme hinsichtlich ihrer Konsistenz mit Problemen aus anderen Anforderungsprofilen

untersucht. Im Vordergrund steht die Frage: Ist das Problem P_k (Zeile) ähnlich zum Problem P_k (Spalte)? Die Frage kann mit den Zahlen „0 \triangleq Unähnlichkeit, d. h. die beiden Probleme sind unähnlich“, oder „1 \triangleq Ähnlichkeit, d. h. die Probleme sind ähnlich oder gleich“ beantwortet werden. Das Bild 4-27 zeigt die Konsistenzmatrix der Probleme.

Konsistenzmatrix der Probleme		Anforderungsprofil i	Problem k	Fragestellung: „Ist das das Problem P_k (Zeile) ähnlich zum Problem P_k (Spalte)?“										Synergiepotential P_k		
				Kein Zugang für Wartung	Zu lange Einrichtzeit	Meldungen werden übersehen	Unerkannte Fehlbelichtungen	Tägliche Produktionspitzen	...	Spontane Wartungsmeldung	Plattennagazin zu klein	Meldungen werden übersehen	Unerkannte Fehlbelichtungen	Unbekannte Einrichtparameter		
Anforderungsprofil i	Problem k	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	...	A2	A2	A2	A2	A2	...	...
Kein Zugang für Wartung	A1 P1	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	...	...	0,3
Zu lange Einrichtzeit	A1 P2	0	1	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	...	...	0,3
Meldungen werden übersehen	A1 P3	0	0	1	0	0	0	...	0	0	1	0	0	...	...	0,7
Unerkannte Fehlbelichtungen	A1 P4	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0	1	0	...	...	1,0
Unbekannte Einrichtparameter	A1 P5	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0	0	1	...	...	0,7
...	

Das Problem „Unerkannte Fehlbelichtung“ tritt nicht nur im Anforderungsprofil A1 auf, sondern auch im Anforderungsprofil A2.

Bild 4-27: Konsistenzmatrix der Probleme am Beispiel eines Plattenbelichters (Auszug)

Aus der Konsistenzmatrix geht hervor, dass das Problem „unerkannte Fehlbelichtung“ bspw. nicht nur im Anforderungsprofil A1 besteht, sondern auch in den Anforderungsprofilen A2 und A3 anderer Produkte. Eine Zusatzeigenschaftsidee, die das Problem löst, besitzt das Potential, auch in Produktgenerationen dieser Produkte integriert zu werden, um Kundennutzen zu stiften.

Für die mit Eigenschaft F_k in Beziehung stehenden Probleme P_k wird das Synergiepotential p_k ermittelt. Das Synergiepotential eines Problems beschreibt die prozentuale Anzahl an Anforderungsprofilen des Produktprogramms, in denen das Problem adressiert wird. Zur einfachen Bestimmung des Synergiepotentials einer Eigenschaft bzw. einer Zusatzeigenschaftsidee wird dieses mit Synergiepotential eines verknüpften Problems gleichgesetzt. Das bedeutet, dass das Problem und die mit diesem in Beziehung stehenden Eigenschaften das gleiche Synergiepotential besitzen. Das Synergiepotential wird folgendermaßen ermittelt:

$$p_k = \frac{1}{\sum A_i} \sum P_k \quad ; \quad p_k = s_l$$

Gleichung 4-3: Berechnung des Synergiepotentials

P_k : Problem

p_k : Synergiepotential eines Problems P_k

A_i : Anforderungsprofil i

s_i : Synergiepotential der mit dem Problem P_k verknüpften Eigenschaft F_{ki}

Es wird empfohlen, die Benennung ähnlicher Probleme nach der Bestimmung der Synergiepotentiale anzugeleichen. Eine solche Angleichung erleichtert die Bestimmung der Synergiepotentiale in nachfolgenden Projekten.

Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen

Ein Portfolio unterstützt bei der Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen. Das Bild 4-28 zeigt das Synergie-Kundennutzenpotential-Portfolio am Beispiel eines Plattenbelichters.

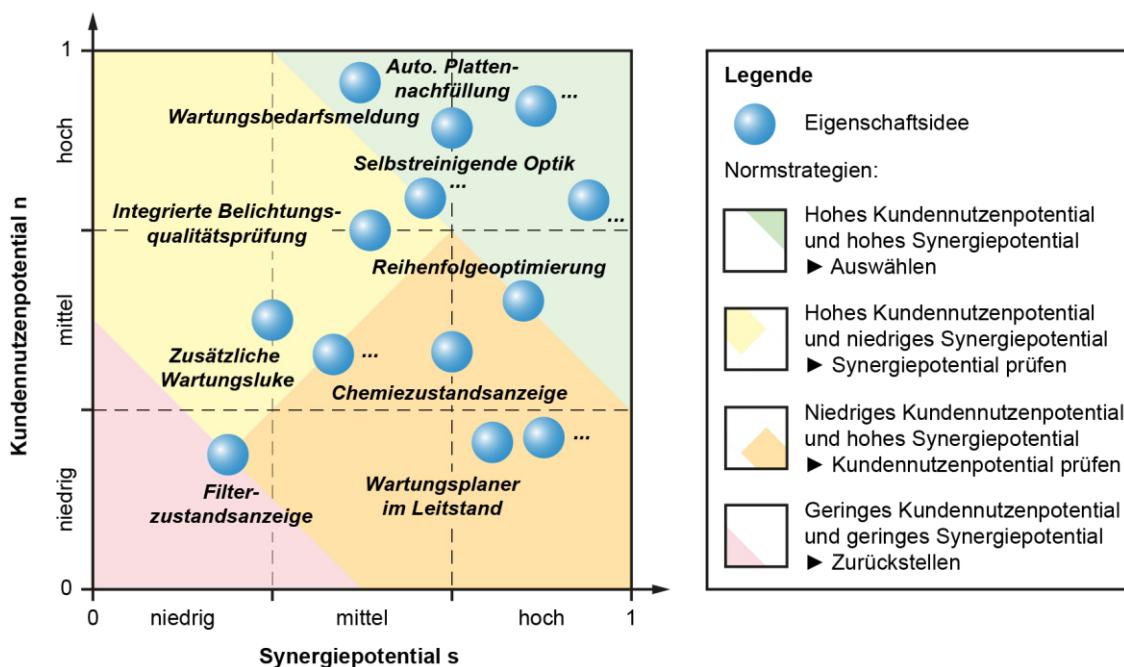


Bild 4-28: Synergie-Kundennutzenpotential-Portfolio am Beispiel eines Plattenbelichters (Auszug)

Es werden Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Kundennutzenpotential und hohem Synergiepotential ausgewählt (z. B. selbstreinigende Optik). Zu beachten ist, dass ausgewählte Zusatzeigenschaftsideen grundsätzlich auf verifizierten Hypothesen über Ziele, Aufgaben und Probleme der Kunden beruhen müssen. Zusatzeigenschaftsideen im indifferenten Bereich werden erneut auf ihr Kundennutzen- bzw. Synergiepotential geprüft (z. B. zusätzliche Wartungsluke). Der Fokus der Überprüfung liegt auf den mit den Zusatzeigenschaftsideen verknüpften Hypothesen über Ziele, Aufgaben und Probleme sowie den Bewertungen. Die Zusatzeigenschaftsideen im indifferenten Bereich können bei Bedarf auch ausgewählt werden, wenn bspw. zu wenige Ideen mit hohem Kundennutzen- und Synergiepotential vorliegen. Zusatzeigenschaftsideen mit niedrigem Kundennutzenpotential und niedrigem Synergiepotential werden zurückgestellt (z. B. Filterzustandsanzeige).

4.5.3 Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen

Die letzte Bewertungsphase sieht eine Nutzwertanalyse vor. Ziel sind ausgewählte erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen für eine differenzierte Produktgeneration. Aufbauend auf den Resultaten der vorangegangenen Bewertungsphasen werden die verbliebenen Zusatzeigenschaftsideen qualitativ bewertet.

Die Nutzwertanalyse systematisiert den Selektionsprozess und vereinfacht die Entscheidungsfindung im Falle konkurrierender Stakeholder-Präferenzen. Die Bewertung erfolgt anhand eines Bewertungsschemas in verschiedenen Dimensionen mit entsprechenden Kriterien. Es werden fünf Bewertungsdimensionen vorgeschlagen: Kundennutzen, Wirtschaftlichkeit, Machbarkeit, Strategiekonformität und Unsicherheit. Der Kundennutzen und die Strategiekonformität von Zusatzeigenschaftsideen wurden bereits in früheren Phasen bewertet (vgl. Abschnitt 4.5.1 u. 4.5.2). Die Bewertungen fließen in die Nutzwertanalyse ein, um einen ganzheitlichen und vergleichbaren Nutzwert über gewichtete Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien sicherzustellen.

Für die fünf Bewertungsdimensionen werden 20 Bewertungskriterien vorgestellt. Die Auswahl und Gewichtung der Bewertungsdimensionen sowie der Bewertungskriterien sind unternehmensspezifisch/projektspezifisch anzupassen. Zur Gewichtung und Anpassung eignen sich bspw. unternehmens- und produktspezifische Erfolgsfaktoren, die anhand einer Erfolgsfaktorenanalyse identifiziert werden [KGC96, S. 29].

Im Folgenden werden die fünf Bewertungsdimensionen Kundennutzen, Wirtschaftlichkeit, Machbarkeit, Strategiekonformität und Unsicherheit vorgestellt. Ferner werden für die einzelnen Bewertungsdimensionen Bewertungskriterien vorgeschlagen.

Bewertung des Kundennutzens von Zusatzeigenschaftsideen

Der zunehmende Wettbewerb veranlasst viele Unternehmen, sich nicht mehr nur über die Produktqualität zu differenzieren, sondern auch über den geschaffenen Kundennutzen [Woo97]. Der wahrgenommene Kundennutzen von Produkten und Produkteigenschaften ist insbesondere bei der Kaufentscheidung ein wichtiges Auswahlkriterium. Aus der Erfolgsfaktorenanalyse ist die Bedeutung des Kundennutzens für den Erfolg eines Produkts bekannt. Aus diesem Grund ist die Beurteilung des Nutzens integraler Bestandteil vieler Bewertungsmethoden. Der Nutzen eines Produkts ist subjektiv und kann daher aus Anbietersicht irrational erscheinen. Dies erschwert die Bewertung des Kundennutzens bei der Ideenbewertung erheblich [Ver98]. Aufgrund der Bedeutung für den Produkterfolg adressiert die erste Bewertungsdimension den Kundennutzen. Das in der zweiten Phase bestimmte Kundennutzenpotential dient als Input für die Bewertung des Kundennutzens in der Nutzwertanalyse. Zur Bewertung des Kundennutzens werden fünf Kriterien herangezogen: Nützlichkeit, Benutzungsfreundlichkeit, Begeisterungspotential, Kostensenkungspotential und Kommunikationspotential (vgl. Tabelle 4-1):

- **Nützlichkeit:** Dies ist ein Kriterium für das Maß, in dem eine Idee ein vom Kunden wahrgenommenes Problem löst [KGA04, S. 4ff.]. Es wird berücksichtigt, ob und wie umfänglich eine Idee ein Problem löst.
- **Benutzungsfreundlichkeit:** Der Nutzen einer Idee ist abhängig von der Akzeptanz der Kunden. Die Akzeptanz hängt von der Einfachheit der Nutzung und Nachvollziehbarkeit des Ergebnisses der Idee ab [Dav86]. Es wird bewertet, wie einfach die Idee in der Nutzungsphase durch Kunden verwendet und verstanden werden kann.
- **Begeisterungspotential:** Nach KANO ET AL. sind Begeisterungseigenschaften Eigenarten, die einen Nutzen stiften, mit denen Kunden nicht unbedingt rechnen [KST+84]. Sie zeichnen das Produkt gegenüber den Wettbewerbern aus und rufen bei Kunden Begeisterung hervor. Es wird das Begeisterungspotential der Idee bewertet.
- **Kostenvorteilspotential:** Wenn Kunden durch die Idee Kostenvorteile generieren (z. B. Produktionskosten, Produktionsausschuss, Bearbeitungszeit), dann schafft die Idee für Kunden einen Nutzen. Es wird die Höhe des Kostenvorteilspotentials für Kunden durch die Idee gegenüber dem Status quo bewertet.
- **Kommunikationspotential:** Damit Kunden den Nutzen der Idee erkennen, muss dieser kommuniziert werden [UB82]. Es wird bewertet, wie einfach das Nutzenversprechen kommuniziert werden kann bzw. wie verständlich der Nutzen für Kunden ist.

Tabelle 4-1: Bewertungsschema der Bewertungsdimension Kundennutzen

Bewertung des Kundennutzens	Bewertungsmaßstab			
	0	1	2	3
Nützlichkeit	Sehr geringer Nutzen	Geringer Nutzen	Hoher Nutzen	Sehr hoher Nutzen
Benutzungsfreundlichkeit	Benutzungsfreundlichkeit nicht gegeben	Geringe Benutzungsfreundlichkeit	Hohe Benutzungsfreundlichkeit	Sehr hohe Benutzungsfreundlichkeit
Begeisterungspotential	Ohne Begeisterungspotential	Geringes Begeisterungspotential	Hohes Begeisterungspotential	Sehr hohes Begeisterungspotential
Kostenvorteilspotential	Ohne Kostenvorteilspotential	Geringes Kostenvorteilspotential	Hohes Kostenvorteilspotential	Sehr hohes Kostenvorteilspotential
Kommunikationspotential	Ohne Kommunikationspotential	Geringes Kommunikationspotential	Hohes Kommunikationspotential	Sehr hohes Kommunikationspotential

Die Bewertungsdimension und die Bewertungskriterien werden gewichtet. Anschließend werden die Zusatzeigenschaftsideen anhand der Bewertungsdimension und der -kriterien einzeln durch die verschiedenen Bewertungs-Stakeholder (z. B. Workshop-Teilnehmer) bewertet. Aus den Einzelbewertungen der Stakeholder wird je Kriterium der arithmetische Mittelwert der Bewertungen berechnet. Analog wird für alle weiteren Bewertungsdimensionen verfahren.

Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Zusatzeigenschaftsideen

Der Zweck von Wirtschaftsunternehmen ist es, Leistungen zu erbringen, die den wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen sichern [GP14, S. 237]. Um den wirtschaftlichen Erfolg zu sichern, müssen Gewinne erzielt werden. Das bedeutet für die Ideenbewertung, dass die Wirtschaftlichkeit von Ideen bewertet werden muss. Die Wirtschaftlichkeit ist

eine betriebswirtschaftliche Kennzahl, die das Verhältnis zwischen dem Handlungsergebnis (Erfolg) und dem dafür erforderlichen Mitteleinsatz (Aufwand/Kosten) beschreibt [Wöh13, S. 38]. Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit wird in dieser Phase der Produktfindung nicht auf betriebswirtschaftliche Methoden (z. B. Kapitalwert-, Interner-Zinsfuß-Methoden) zurückgegriffen, sondern am Punktwertverfahren festgehalten. Dies vereinfacht die Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen in dieser Phase für eine pragmatische Bewertung. Betriebswirtschaftliche Methoden können zusätzlich im Anschluss an die Nutzwertanalyse eingesetzt werden. Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit werden die folgenden Kriterien bewertet: Marktpotential, Differenzierungspotential, Synergiepotential, Prozessverbesserungspotential, Kosten und Risiko (vgl. Tabelle 4-2):

- **Marktpotential:** Das Marktpotential setzt sich aus dem Marktvolumen sowie dem nicht ausgeschöpften Marktvolumen zusammen und bildet damit die Gesamtheit der möglichen Absatzmenge eines Marktes für ein bestimmtes Produkt ab [Dil01, S. 1064]. Mit dem Kriterium wird bewertet, wie groß der Markt für die Idee ist.
- **Alleinstellungsmerkmal¹⁰/Differenzierungspotential:** Mit diesem konkurrenzbezogenen Kriterium wird das Differenzierungspotential einer Idee bewertet. Durch die zunehmende Austauschbarkeit (Commoditisierung) von Produkten aufgrund fehlender Differenzierung gewinnt die Entwicklung von Alleinstellungsmerkmalen an Bedeutung [Hom17]. Mit dem Kriterium wird bewertet, wie bedeutend die Konkurrenzvorteile der Idee gegenüber Wettbewerbsprodukten sind. Dabei wird mitberücksichtigt, wie gut sich diese Konkurrenzvorteile verteidigen lassen (Markteintrittsbarriere).
- **Synergiepotential:** Das Kriterium bewertet die positive Synergie durch eine Idee (z. B. Idee/Komponente kann auf weitere Produkte im Produktprogramm übertragen werden). Es wird die Relevanz der Idee für andere Produkte und geplante Produkte im Produktprogramm des anbietenden Unternehmens bewertet. Bei der Bewertung kann auf den Ergebnissen der zweiten Bewertungsphase aufgebaut werden.
- **Prozessverbesserungspotential:** Senkt die Idee die Beschaffungs-, Entwicklungs-, Produktions- oder Servicekosten beim anbietenden Unternehmen, hat dies einen positiven Effekt auf die Wirtschaftlichkeit. Es wird das Potential der Prozessverbesserung bzw. der Kostensenkung durch die Idee für das Anbieterunternehmen bewertet.
- **Kosten:** Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist die Einschätzung der zu erwartenden Kosten wesentlich. Mit dem Kriterium werden die Kosten zur Umsetzung der Idee bewertet. Die Kosten sind ein Maß für den Aufwand. Es werden sämtliche mit der Umsetzung in Verbindung stehenden Kosten berücksichtigt (z. B. Kosten der Finanzierung, Beschaffung, Entwicklung, Produktion, Vermarktung und Service).

¹⁰ Als Alleinstellungsmerkmal (engl. unique selling proposition oder unique selling point, USP) wird das herausragende Leistungsmerkmal eines Produktes bezeichnet, durch das sich ein Produkt deutlich vom Wettbewerb abhebt [Bly05, S. 250].

- **Risiko:** Mit diesem Kriterium wird das Risiko bei der Umsetzung der Idee bewertet. Durch die Risikobewertung kann abgeschätzt werden, wie wahrscheinlich es ist, dass zusätzliche Kosten bei der Umsetzung der Idee entstehen. Es werden Markt- und Branchenrisiken, Managementrisiken, Prozessrisiken, Produktrisiken, Personalrisiken sowie finanzielle und rechtliche Risiken berücksichtigt [Bur12, S. 355].

Tabelle 4-2 Bewertungsschema der Bewertungsdimension Wirtschaftlichkeit

Bewertung der Wirtschaftlichkeit	Bewertungsmaßstab			
	0	1	2	3
Marktpotential	Sehr geringes Marktpotential	Geringes Marktpotential	Hohes Marktpotential	Sehr hohes Marktpotential
Differenzierungspotential	Ohne Differenzierungspotential	Geringes Differenzierungspotential	Hohes Differenzierungspotential	Sehr hohes Differenzierungspotential
Synergiepotential	Ohne Synergiepotential	Geringes Synergiepotential	Hohes Synergiepotential	Sehr hohes Synergiepotential
Prozessverbesserungspotential	Ohne Verbesserungspotential	Geringes Verbesserungspotential	Hohes Verbesserungspotential	Sehr hohes Verbesserungspotential
Kosten	Sehr hohe Kosten	Hohe Kosten	Geringe Kosten	Minimale Kosten
Risiko	Sehr hohes Risiko	Hohes Risiko	Geringes Risiko	Minimales Risiko

Bewertung der Machbarkeit von Zusatzeigenschaftsideen

In der Bewertungsdimension Machbarkeit wird die Realisierbarkeit einer Idee überprüft. Dabei werden schwer und nicht realisierbare Ideen identifiziert. Die Machbarkeitsbewertung ist auch Teil der Projektdefinitionsphase im Projektmanagement [DIN69901:2009]. In der Projektdefinitionsphase können projektabhängig umfangreiche Machbarkeitsstudien durchgeführt werden, die jedoch den Bewertungsaufwand in dieser Phase der Produktfindung überschreiten würden. Die Machbarkeitsbewertung für Ideen umfasst folgende Kriterien: Kompetenzen, organisatorische Machbarkeit, technische Machbarkeit, rechtliche und ethische Hürden sowie Time to Market (vgl. Tabelle 4-3):

- **Kompetenzen:** Unter Kompetenz wird die Kombination aus Fähigkeit und Ressourcen verstanden [KH97, S. 26], [LA10, S. 159]. Dabei werden materielle (z. B. Maschinen, Flächen, Material) und immaterielle Ressourcen (z. B. Patente) berücksichtigt. Fähigkeiten stellen anwendungsbezogenes Wissen dar und sind immer auf Ressourcen gerichtet. Fähigkeiten ermöglichen die Bündelung und den Einsatz von Ressourcen für einen Zweck [AS93, S. 35]. Bei der Umsetzung von Ideen sind technische Kompetenzen von großer Bedeutung, insbesondere in produzierenden Unternehmen [Hal93, S. 608f.]. Mit dem Kriterium wird die Eignung der Fähigkeiten und Ressourcen für die Umsetzung der Idee bewertet (z. B. zur Entwicklung, Produktion und Vermarktung).
- **Organisatorische Machbarkeit:** Es werden Ablauf-, Aufbau- und Projektorganisation unterschieden. Die Ablauforganisation strukturiert die Erfüllung der Aufgabe durch räumliche und zeitliche Beziehungen. Die Aufbauorganisation ordnet Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten in einem Unternehmen. Die Projektorganisation ist eine befristete Gestaltung projektbezogener Regelung [SWB+17,

S. 3ff.]. Wird für die Umsetzung einer Idee eine Reorganisation notwendig, dann verursacht dies tiefgreifende Veränderungen bestehender Organisationsstrukturen. Mit dem Kriterium wird die Eignung der Aufbau- und Ablauforganisation sowie ggf. der Projektorganisation zur Umsetzung der Idee bewertet.

- **Technische Machbarkeit:** Ideen können auf neuen Technologien basieren, die einen bestimmten Reifegrad besitzen. Der sog. Technologiereifegrad¹¹ gibt Auskunft über den Entwicklungsstand von Technologien [Man95, S. 1ff.]. Aus dem Technologiereifegrad kann geschlossen werden, wann und mit welchem Forschungs- und Entwicklungsaufwand eine Technologie in einem Produkt eingesetzt werden kann. Mit der technischen Machbarkeit werden die auf der Idee basierenden Technologien nach ihrer technologischen Reife bewertet.
- **Rechtliche und ethische Hürden:** Das Kriterium berücksichtigt rechtliche Hürden (z. B. Gesetze und Normen) und ethische Hürden (z. B. Umweltethik und Religionsethik). Es wird bewertet, ob und wenn ja, wie groß die rechtlichen und ethischen Hürden für die Umsetzung der Idee sind. Ideen, die gegen Gesetze verstößen, werden aussortiert, wenn in absehbarer Zeit von keiner Veränderung der Rechtslage auszugehen ist.
- **Time to Market (TtM):** Unter TtM wird die Dauer von der Produktentwicklung bis zur Platzierung des Produkts am Markt verstanden. In der Regel bestehen feste Termine für die Einführung neuer Produktgenerationen (z. B. Fachmessen) [Sch13, S. 212f.], [Küh16, S. 135]. Um Zeitrestriktionen zu berücksichtigen, wird die Dauer für die Umsetzung der Idee bewertet.

Tabelle 4-3 Bewertungsschema der Bewertungsdimension Machbarkeit

Bewertung der Machbarkeit	Bewertungsmaßstab			
	0	1	2	3
Kompetenzen	Kompetenzen fehlen	Kaum Kompetenzen vorhanden	Ausreichend Kompetenzen vorhanden	Umfassende Kompetenzen vorhanden
Organisatorische Machbarkeit	Schlechte org. Machbarkeit	Erschwerete org. Machbarkeit	Gute org. Machbarkeit	Sehr gute org. Machbarkeit
Technische Machbarkeit	Schlechte tech. Machbarkeit	Erschwerete tech. Machbarkeit	Gute tech. Machbarkeit	Sehr gute tech. Machbarkeit
Rechtliche und ethische Hürden	Vielzahl an rechtlichen und ethischen Hürden	Mehrere rechtliche und ethische Hürden	Wenige rechtliche und ethische Hürden	Ohne rechtliche und ethische Hürden
Time to Market (TtM)	Sehr lange Time to Market	Lange Time to Market	Kurze Time to Market	Sehr kurze Time to Market

Bewertung der Strategiekonformität von Zusatzeigenschaftsideen

Im Sinne der strategischen Führung und der Operationalisierung der Strategie werden alle Aktivitäten an den strategischen Zielen ausgerichtet [GP14, S. 114f.]. Um strategiekonforme Ideen auszuwählen, wird auf die strategischen Ziele zurückgegriffen. Die Bewertungsdimension Strategiekonformität trifft eine Aussage über die Überstimmung von

¹¹ Es bestehen diverse Technologiereifegradkonzepte z. B. S-Kurven-Konzept [Ger05, S. 26], Gartner Hype Cycle [GP14, S. 134f.], Technology Readiness Level (TRL) [Man95, S. 1ff.]

Strategie bzw. den strategischen Zielen und den Zusatzeigenschaftsideen. Die Strategiekonformität der einzelnen Zusatzeigenschaftsideen wurde bereits anhand der Zielwirkung in der ersten Phase der Bewertung bestimmt (vgl. Abschnitt 4.5.1). In der Regel besitzen die Zusatzeigenschaftsideen in dieser Bewertungsphase eine hohe oder sehr hohe Strategiekonformität. Die Zielwirkung der Zusatzeigenschaftsideen unterstützt die Bewertung der Strategiekonformität in der Nutzwertanalyse (vgl. Tabelle 4-4):

Tabelle 4-4: Bewertungsschema der Bewertungsdimension Strategiekonformität

Bewertung der Strategiekonformität	Bewertungsmaßstab			
	0	1	2	3
Strategiekonformität	Keine Strategiekonformität	Geringe Strategiekonformität	Hohe Strategiekonformität	Sehr hohe Strategiekonformität

Bewertung der Unsicherheit bei der Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen

Die letzte Bewertungsdimension ist die Unsicherheit. Mit der pragmatischen Bewertung der Unsicherheit wird die Ausgangssituation zur Bewertung einer Idee beurteilt. Hierfür werden der Konkretisierungsgrad, die Verständlichkeit und der Neuheitsgrad der Idee betrachtet. Mit dem Konkretisierungsgrad wird der Ausarbeitungsstand der Ideen bewertet, um sicherzustellen, dass die Ideen durch die Bewertenden bewertbar sind. Wissenschaftlichen Erkenntnissen zufolge werden leicht verständliche Ideen tendenziell besser als komplexe Ideen bewertet [BM07, S. 208]. Mit der Bewertung der Verständlichkeit einer Idee wird überprüft, ob die Bewertenden diese grundsätzlich nachvollziehen können. Ferner wird der Neuheitsgrad der Ideen für das Unternehmen bewertet, da davon auszugehen ist, dass komplett neue Ideen aus Mangel an Wissen schwieriger zu bewerten sind. Zur Bewertung werden folgende Fragen beantwortet (vgl. Tabelle 4-5):

- **Konkretisierungsgrad:** Wie konkret ist die Idee?
- **Verständlichkeit:** Wie verständlich ist die Idee?
- **Neuheitsgrad:** Wie neu ist die Idee für das Unternehmen?

Tabelle 4-5: Bewertungsschema der Bewertungsdimension Unsicherheit

Bewertung der Unsicherheit	Bewertungsmaßstab			
	0	1	2	3
Konkretisierungsgrad	Ohne Konkretisierung	Anfängliche Konkretisierung	Hohe Konkretisierung	Entgültige Konkretisierung
Verständlichkeit	Schlechte Verständlichkeit	Erschwerete Verständlichkeit	Hohe Verständlichkeit	Vollständige Verständlichkeit
Neuheitsgrad	Sehr Hoher Neuheitsgrad (neu)	Hoher Neuheitsgrad (teils bekannt)	Niedriger Neuheitsgrad (teils bekannt)	Ohne Neuheitsgrad (bekannt)

Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen

Abschließend wird der Gesamtnutzwert **GNW** für jede Zusatzeigenschaftsidee berechnet. Er wird aus den gewichteten Summen der Einzelwerte pro Kriterium bestimmt [Zan70]. Die Formel für die Berechnung des Gesamtnutzwerts **GNW** einer Zusatzeigenschaftsidee **F** lautet:

$$GNW_F = \sum_{k=1} G_k \cdot B_k \in G_k > 0; \sum_{k=1} G_k = 1$$

Gleichung 4-4: Berechnung des Gesamtnutzwerts

GNW_F : Gesamtnutzwert der Zusatzeigenschaftsidee F

G_k : Gewichtung des Kriteriums k

B_k : Bewertung der Zusatzeigenschaftsidee F hinsichtlich des Kriteriums k

Die Formel ist gültig unter der Bedingung, dass die Gewichtung G_k größer 0 sein muss und die Summe aller Gewichte G gleich 1 ist.

Es wird empfohlen, eine Zusatzeigenschaftsidee mit einem hohen Gesamtnutzwert auszuwählen. Zudem ist es ratsam, mehr als eine Zusatzeigenschaftsidee weiter auszuarbeiten und genauer zu analysieren (z. B. durch Wirtschaftlichkeitsanalyse, Investitionsanalyse, Machbarkeitsstudien, Konzepttests und Prototypentests) [SB12, S. 274ff.]. In der anschließenden Geschäftsplanung werden die priorisierten Zusatzeigenschaftsideen in die Produktgeneration (PG_{n+1}) eingeplant (vgl. Abschnitt 2.4). Vielversprechende Zusatzeigenschaftsideen, die aus Restriktionsgründen (z. B. Zeit, Kosten oder Qualität) nicht in der nächsten Produktgeneration (PG_{n+1}) umgesetzt werden, fließen in die Grobplanung der darauffolgenden Produktgeneration (PG_{n+2}) ein. Zusätzlich dienen erfolgversprechende Zusatzeigenschaftsideen als Ideen-Input für Produktfindungsprojekte anderer Produkte im Produktprogramm.

5 Anwendung der Systematik und Bewertung

In diesem Kapitel wird die *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung* angewendet und bewertet. Die **Anwendung der Systematik** erfolgt am Beispiel des Projekts „Intelligenter Plattenbelichter für den Zeitungsdruck von morgen“, das mit einem führenden Hersteller für Plattenbelichter durchgeführt wurde. Gegenstand des Projekts war die Produktfindung für eine neue fortschrittliche Plattenbelichtergeneration (siehe Bild 5-1).



Bild 5-1: Plattenbelichter zur Belichtung im Zeitungs- und Akzidenzdruck [Kra-ol18]

Das in Abschnitt 4.2 vorgestellte *Vorgehensmodell der Systematik* wird beispielhaft validiert. Als durchgängiges Anwendungsbeispiel dient ein Plattenbelichter, für den im Rahmen einer Produktgenerationenplanung eine modellgestützte Produktfindung durchgeführt wird. Schützenswerte Informationen wurden aus Gründen der Vertraulichkeit in der Darstellung verändert.

Zunächst wird das **Anwendungsbeispiel Plattenbelichter** vorgestellt (vgl. Abschnitt 5.1). Es folgt die Anwendung der Systematik. Das Vorgehen orientiert sich am Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung aus Abschnitt 4.2. Für eine **referenzmodellgestützte Ideenfindung** werden in der ersten Phase die Methoden Internet-of-Things-Canvas, Umfeld-Analyse und Produkt-Geschäftsprozess-Analyse angewendet (vgl. Abschnitt 5.2). Anschließend wird in Phase 2 eine **kundenorientierte Ideenfindung** mit der Anforderungsprofil-Map durchgeführt (vgl. Abschnitt 5.3). Zur **Bewertung und Auswahl** erfolgversprechender Zusatzeigenschaftsideen wird die dreistufige Bewertungsmethode für Zusatzeigenschaftsideen eingesetzt (vgl. Abschnitt 5.4). Abschließend werden die entwickelten und validierten Bestandteile der **Systematik** anhand der in Abschnitt 2.8 aufgestellten Anforderungen aus der Problemanalyse **bewertet** (vgl. Abschnitt 5.5).

5.1 Anwendungsbeispiel Plattenbelichter

Das betrachtete Unternehmen ist einer der weltweit führenden Hersteller von Plattenbelichtern und Entwicklern für den Zeitungs- und Akzidenzdruck. Plattenbelichter werden in Druckhäusern zur Belichtung von Druckplatten eingesetzt, die auf Druckmaschinen

bspw. für den Zeitungsdruck verwendet werden. Plattenbelichter weisen einen hohen Automatisierungsgrad auf, umfassen komplexe Abfolgen von technischen Prozessen (z. B. Druckplattenbeförderung, Arretierung und Belichtung) und sind in der Regel in komplexe Produktionssysteme eingebettet. In Druckhäusern sind Plattenbelichter Teil der Druckvorstufe, die alle Prozesse vor dem Druck auf der Druckmaschine zusammenfasst (siehe Bild 5-2).

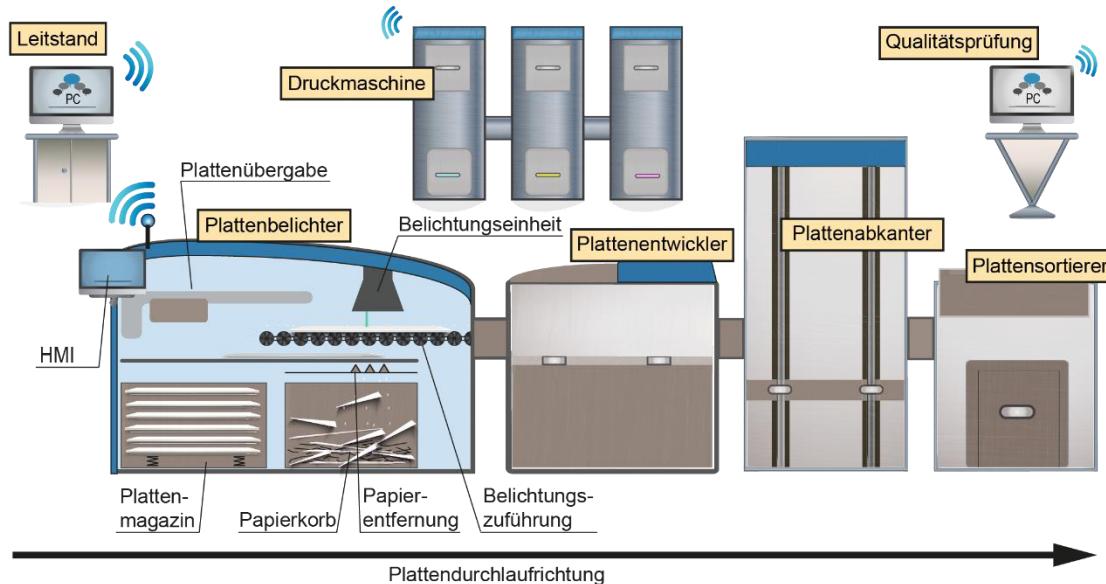


Bild 5-2: Schematische Darstellung einer Druckvorstufe in einem Druckhaus

In der Druckvorstufe werden Druckplatten belichtet, entwickelt, abgekantet und sortiert. Plattenbelichter sind Teil eines Produktionssystems, deren Maschinen bzw. Systeme vielfältige Interdependenzen aufweisen. Nachfolgend wird ein Plattendurchlauf in der Druckvorstufe vereinfacht dargestellt.

Aus dem Verlagshaus einer großen Tageszeitung werden die Inhalte und das Layout an ein Druckhaus geschickt. Dort werden die empfangenen Informationen im Leitstand der Druckvorstufe manuell in einem Software-Werkzeug bearbeitet. Ferner werden eine Bearbeitungsreihenfolge festgelegt und ein Belichtungsauftrag an den Plattenbelichter gesendet. Dieser greift daraufhin eine Druckplatte aus dem Plattenmagazin, löst das Schuttpapier, übergibt die Druckplatte an die Belichtungszuführung, führt diese der Belichtungseinheit zu, richtet die Druckplatte aus und belichtet sie mittels eines Lasers. Die belichtete Druckplatte wird über eine Transportrollenbahn an den Plattenentwickler übergeben, der diese chemisch entwickelt. Um die entwickelte Druckplatte in eine Aufnahme einer Druckmaschine einzuspannen, muss die Platte zuvor durch einen Abkanter abgekantet werden. Die abgekantete Druckplatte wird anschließend durch den Plattensortierer in eine bestimmte Reihenfolge gebracht. Bevor die Druckplatte manuell in Druckmaschinen eingespannt wird, durchläuft sie eine manuelle Qualitätsprüfung. Die freigegebene

Druckplatte wird für den Zeitungsdruck auf der Druckmaschine verwendet und nach dem Druck entsorgt.

Am Beispiel des Plattenbelichters wird nachfolgend gezeigt, wie mithilfe der Systematik eine modellgestützte Produktfindung in der Produktgenerationenplanung durchgeführt werden kann. Initialisiert wird die modellgestützte Produktfindung durch den Entschluss der Geschäftsführung, eine neue Plattenbelichtergeneration zu planen. Diese soll eine bestehende Plattenbelichtergeneration abkündigen, erste intelligente Produkteigenschaften enthalten und gegenüber Wettbewerbsprodukten differenziert sein. Zur Produktfindung wird ein disziplinübergreifendes Team aufgestellt, bestehend aus Produktmanager, Vertrieb, Technischem Kundendienst, Entwicklung und Produktion.

5.2 Phase 1: Referenzmodellgestützte Ideenfindung

In der ersten Phase des Vorgehens werden Zusatzeigenschaftenideen gesucht. Der Fokus liegt auf der Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen. In der referenzmodellgestützten Ideenfindung werden dazu die drei Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften analysiert (vgl. Abschnitt 2.5.3). Als Analyse-Grundlage dient das bestehende Systemmodell der aktuellen Plattenbelichtergeneration. Das umfangreiche Systemmodell umfasst wesentliche Informationen über den Plattenbelichter. Zur Nutzung des bestehenden Systemmodells für die Analyse der Suchfelder und zur Suche von Zusatzeigenschaftsideen werden die folgenden Methoden eingesetzt: **Internet-of-Things-Canvas** (vgl. Abschnitt 4.3.1), **Umfeld-Analyse** (vgl. Abschnitt 4.3.2) und **Produkt-Geschäftsprozess-Analyse** (vgl. Abschnitt 4.3.3). Die Methoden unterstützen die Ideenfindung durch die Erzeugung spezifischer Sichten auf das bestehende Systemmodell der aktuellen Plattenbelichtergeneration. Je Suchfeld wird eine Methode eingesetzt. Die einzelnen Methoden fokussieren jeweils unterschiedliche Bestandteile des Systemmodells. Die drei Methoden werden nachfolgend hintereinander angewendet.

5.2.1 Anwendung der Methode IoT-Canvas

Zunächst wird die Internet-of-Things-Canvas (vgl. Abschnitt 4.3.1) zur referenzmodellgestützten Ideenfindung angewendet. Hierbei wird das Suchfeld erweiterte Systemgrenze analysiert und Zusatzeigenschaftsideen gesucht. Als Grundlage der Analyse dient das Systemmodell der aktuellen Plattenbelichtergeneration. Zur Erzeugung von Sichten werden sog. kritische Anwendungsszenarien und Aktivitäten des Plattenbelichters identifiziert. Aus den Erfahrungen des Teams mit der aktuellen Plattenbelichtergeneration sind Anwendungsszenarien und Aktivitäten bekannt, die bspw. fehleranfällig sind. Für die identifizierten Anwendungsszenarien und Aktivitäten werden IoT-Canvas-Sichten erzeugt. Beispielsweise wird das kritische Anwendungsszenario „Betrieb – Störung: Plattenversorgung“ ermittelt. Nach eingehender Analyse des Anwendungsszenarios wird die Aktivität „Plattenanzahl mitteilen“ ausgewählt, die vermutlich recht fehleranfällig ist.

Das Anwendungsszenario „Betrieb – Störung: Plattenversorgung“ und die Aktivität „Plattenanzahl mitteilen“ werden in die IoT-Canvas-Sicht eingetragen. Anschließend werden die mit dem Anwendungsszenario und der Aktivität assoziierten Elemente in die IoT-Canvas übertragen (vgl. Abschnitt 4.3.1). Die erzeugte IoT-Canvas-Sicht zeigt die bestehende Lösung (siehe Bild 5-3, links).

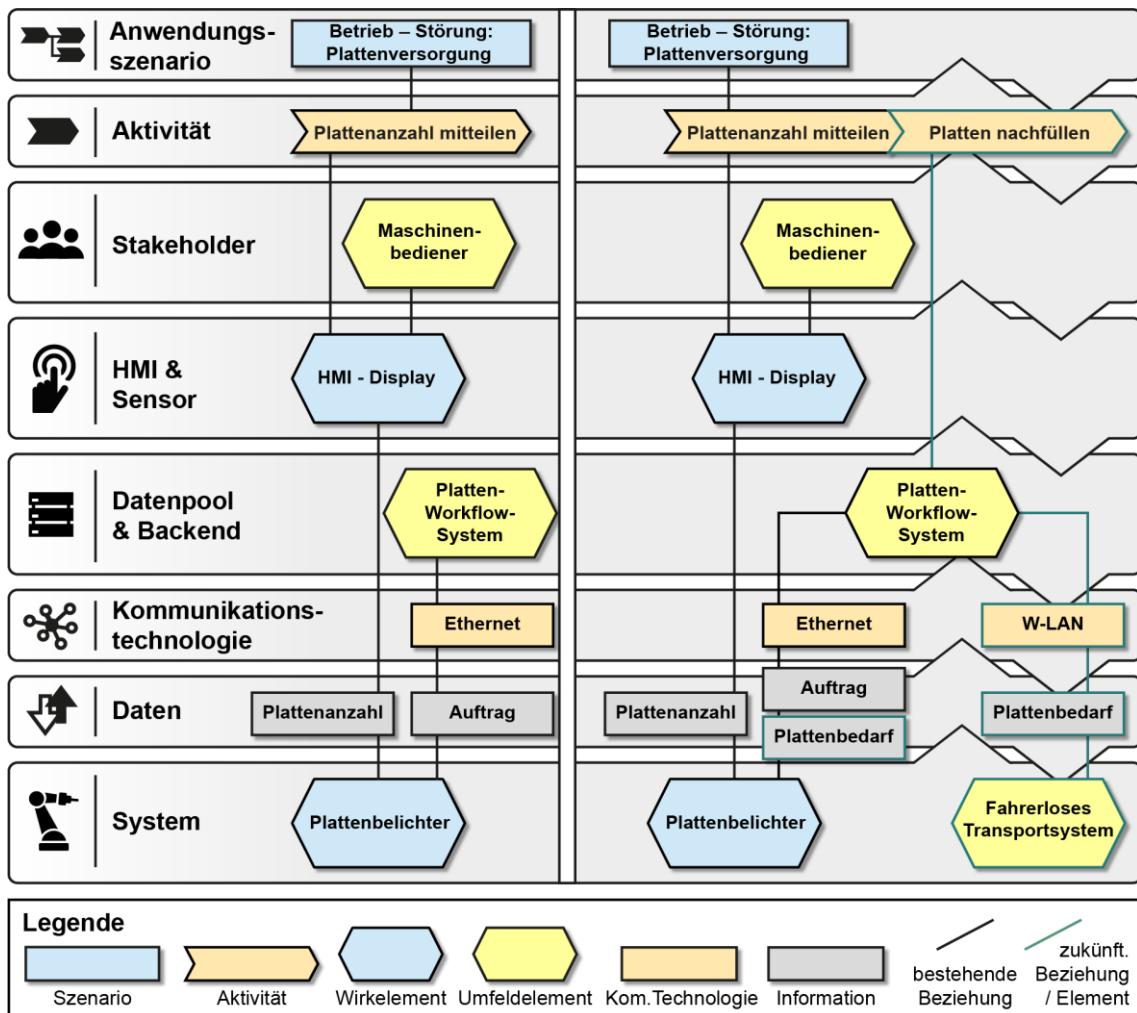


Bild 5-3: Erzeugte Schema-Sicht mit bestehender Lösung (links) und einer Idee für eine alternative Lösung (rechts)

Die aktuelle Lösung in der IoT-Canvas-Sicht wird durch das Team interpretiert. Es ist zu vermuten, dass der Maschinenbediener die Mitteilung „Plattenanzahl“ auf dem HMI-Display übersieht. Aus dem Anwendungsszenario und den Aktivitäten geht hervor, dass der Maschinenbediener durch eine Mitteilung im HMI-Display auf den erschöpften Plattenvorrat im Magazin des Plattenbelichters hingewiesen wird. Weiterhin geht daraus hervor, dass der Maschinenbediener das Plattenmagazin des Plattenbelichters mit Platten auffüllen muss, um weitere Platten zu belichten. Die Darstellung und die Interpretation der bestehenden Lösung werden als Grundlagen zur Suche von Zusatzeigenschaftsideen bzw. alternativer Lösungen verwendet. Es entsteht die Zusatzeigenschaftsidee einer automati-

schen Nachfüllung des Plattenmagazins (siehe Bild 5-3, rechts). Hierbei werden die Probleme, die in der Aktivität „Plattenanzahl mitteilen“ verursacht werden, durch die Automatisierung der Folgeaktivität „Platten nachfüllen“ gelöst. Die Zusatzeigenschaftsidee sieht zusätzlich ein vernetztes fahrerloses Transportsystem (FTS) vor. Das FTS kommuniziert per W-LAN mit dem Platten-Workflow-System und dem Plattenbelichter. Sobald der Plattenvorrat im Magazin erschöpft ist, werden neue Platten durch das Platten-Workflow-System bestellt. Das FTS befördert die Platten direkt zum Plattenbelichter und füllt das Magazin auf. Wird die Zusatzeigenschaftsidee in der nächsten Plattenbelichtergeneration umgesetzt, dann kann den Kunden die Zusatzeigenschaft „Automatische Plattenmagazinbefüllung“ angeboten werden. Auf Grundlage der IoT-Canvas-Sicht werden weitere Ideen für alternative Lösungen gesucht. So wird für jede kritische Aktivität jeweils eine IoT-Canvas-Sicht erzeugt, um Ideen zu finden. Die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen werden jeweils in einem Eigenschaftsideen-Steckbrief dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1 im Anhang). Die gesammelten Zusatzeigenschaftsideen werden in der dritten Phase des Vorgehens zur modellgestützten Produktfindung bewertet.

5.2.2 Anwendung der Methode Umfeld-Analyse

Anschließend wird die Methode Umfeld-Analyse zur referenzmodellgestützten Ideenfindung angewendet (vgl. Abschnitt 4.3.2). Hierbei wird das Suchfeld Umfeld-Eigenschaften analysiert und Zusatzeigenschaftsideen werden gesucht. In der Umfeld-Analyse werden Funktionen untersucht, die durch Maschinen, Menschen und Software-Systeme im Umfeld des Plattenbelichters realisiert werden. Zur Analyse wird auf das bestehende Systemmodell der aktuellen Plattenbelichtergeneration mit umfangreicher Umfeldspezifikation zurückgegriffen.

Zur Erzeugung einer Umfeld-Ebenensicht werden die Wirkelemente und Umfeldelemente aus dem Systemmodell des bestehenden Plattenbelichters durch das Team in drei Ebenen eingeordnet. Um nicht sämtliche Wirkelemente berücksichtigen zu müssen, wird ein geeigneter Abstraktionsgrad gewählt. Die einzelnen Wirk- und Umfeldelemente sind im Systemmodell mit Funktionen assoziiert. Die Funktionen werden auf die gleiche Ebene wie die assoziierten Wirk- und Umfeldelemente übertragen (vgl. Abschnitt 4.3.2). Es resultiert eine spezifische Sicht auf die Funktionen des Plattenbelichters und die Funktionen des Umfeldes (siehe Bild 5-4).

Die Umfeld-Ebenensicht umfasst eine große Anzahl von Funktionen. Diese Funktionen werden in einer bestimmten Reihenfolge durch das Team analysiert und deren Integrationspotential abgeschätzt (vgl. Abschnitt 4.3.2). Hierfür wird die Leitfrage beantwortet: Ist die Integration der Funktion als Zusatzeigenschaft in die neue Plattenbelichtergeneration vielversprechend? Es wird bspw. die manuelle Funktion „Belichtung prüfen“ als potentielle technische Funktion für die neue Plattenbelichtergeneration identifiziert. Die Belichtungsqualität der Platten wird bisher manuell durch den Maschinenbediener geprüft. Für Funktionen, die integriert werden können, werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht.

Es entsteht bspw. die Idee einer automatischen optischen Belichtungsprüfung der Druckplatten durch den Plattenbelichter.

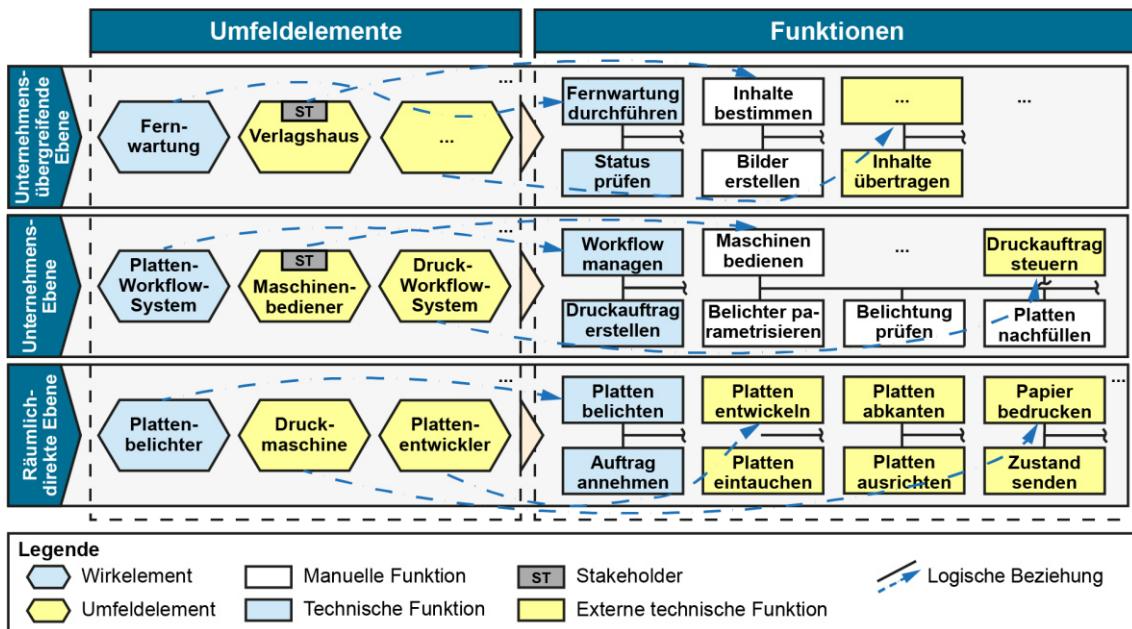


Bild 5-4: Erzeugte Umfeld-Ebenensicht (Auszug)

Die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen werden gesammelt und jeweils in einem Eigenschaftsideen-Steckbrief dokumentiert. Die Zusatzeigenschaftsideen werden in der dritten Phase des Vorgehens zur modellgestützten Produktfindung bewertet.

5.2.3 Anwendung der Methode Produkt-Geschäftsprozess-Analyse

Als Nächstes wird die Methode Produkt-Geschäftsprozess-Analyse zur Suche von Zusatzeigenschaftsideen angewendet (vgl. Abschnitt 4.3.3). Hierfür werden spezifische Sichten auf das Systemmodell der bestehenden Plattenbelichtergeneration erzeugt, um das Suchfeld Prozess-Eigenschaften zu analysieren und die Suche von Zusatzeigenschaftsideen zu unterstützen. Im Fokus stehen die Wechselwirkungen zwischen dem Plattenbelichter und den Kunden-Geschäftsprozessen (z. B. Wartung Plattenbelichter). Die Sichten werden entlang der Produktlebenszyklus-Phasen der aktuellen Plattenbelichtergeneration erzeugt. Hierfür wird auf einen intrinsischen Produktlebenszyklus, bestehend aus den vier Phasen Erstellung, Beschaffung, Nutzung und Entsorgung, zurückgegriffen.

Zunächst identifiziert das Team die Produkte, die den Kunden komplementär zum Plattenbelichter angeboten werden (z. B. Wartungs-Service). Die ergänzenden Produkte werden berücksichtigt, da sie ebenfalls Wechselwirkungen mit Kunden-Geschäftsprozessen und dem Plattenbelichter besitzen. Zur Identifikation der ergänzenden Produkte werden das Produktprogramm und die bestehenden Kunden analysiert. Die ergänzenden Produkte werden den entsprechenden Produktlebenszyklus-Phasen des Plattenbelichters zugeordnet (siehe Bild 5-5).

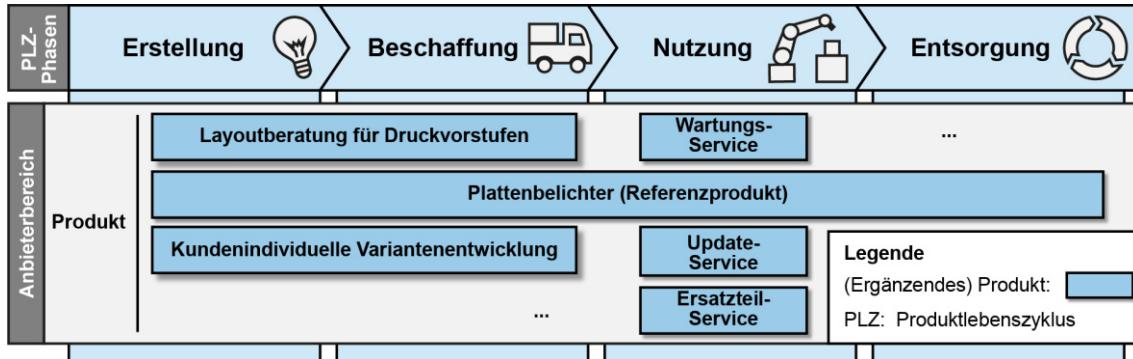


Bild 5-5: Identifizierte ergänzende Produkte zum Plattenbelichter (Auszug)

Anschließend werden Kunden-Geschäftsprozesse identifiziert, die mit dem Plattenbelichter und den ergänzenden Produkten Berührungs punkte besitzen (z. B. Wartungsprozess, Einrichtungsprozess und Plattenversorgungsprozess). Hierfür werden typische Geschäftsprozesse von Kunden analysiert. Die identifizierten Kunden-Geschäftsprozesse werden ebenfalls den entsprechenden Produktlebenszyklus-Phasen des Plattenbelichters zugeordnet. Das Bild 5-6 zeigt exemplarisch identifizierte Kunden-Geschäftsprozesse.

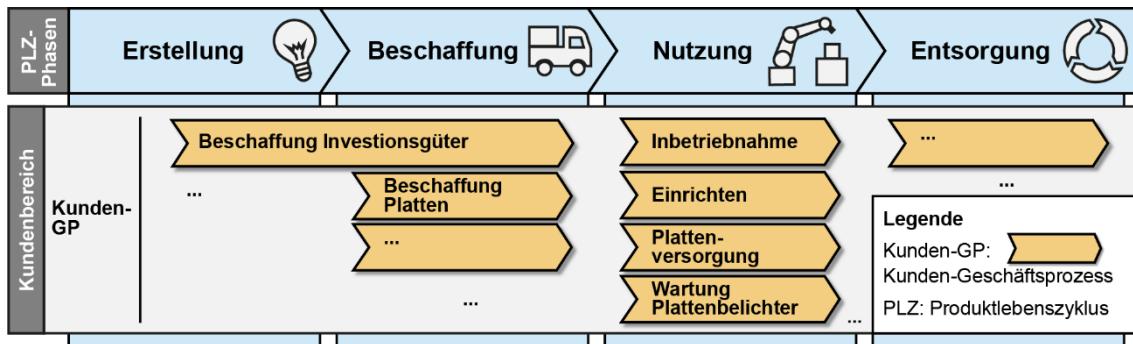


Bild 5-6: Identifizierte Kunden-Geschäftsprozesse (Auszug)

Die ermittelten Kunden-Geschäftsprozesse werden anschließend in Workshops modelliert und analysiert. Hierfür werden die Kunden-Geschäftsprozesse und Kunden-Geschäftsprozessaktivitäten mittels Analysekarten untersucht.

Es wird bspw. der Kunden-Geschäftsprozess „Wartung Plattenbelichter“ ausgewählt und modelliert. Die einzelnen Geschäftsprozess-Aktivitäten werden anschließend mit der Analysekarte analysiert. Dabei werden sowohl Analysekarten für den gesamten Kunden-Geschäftsprozess als auch für einzelne Geschäftsprozess-Aktivitäten ausgefüllt. Mit den Analysekarten werden aufgedeckte Potentiale einheitlich dokumentiert. Das Bild 5-7 zeigt eine ausgefüllte Analysekarte für den Kunden-Geschäftsprozess „Wartung Plattenbelichter“.

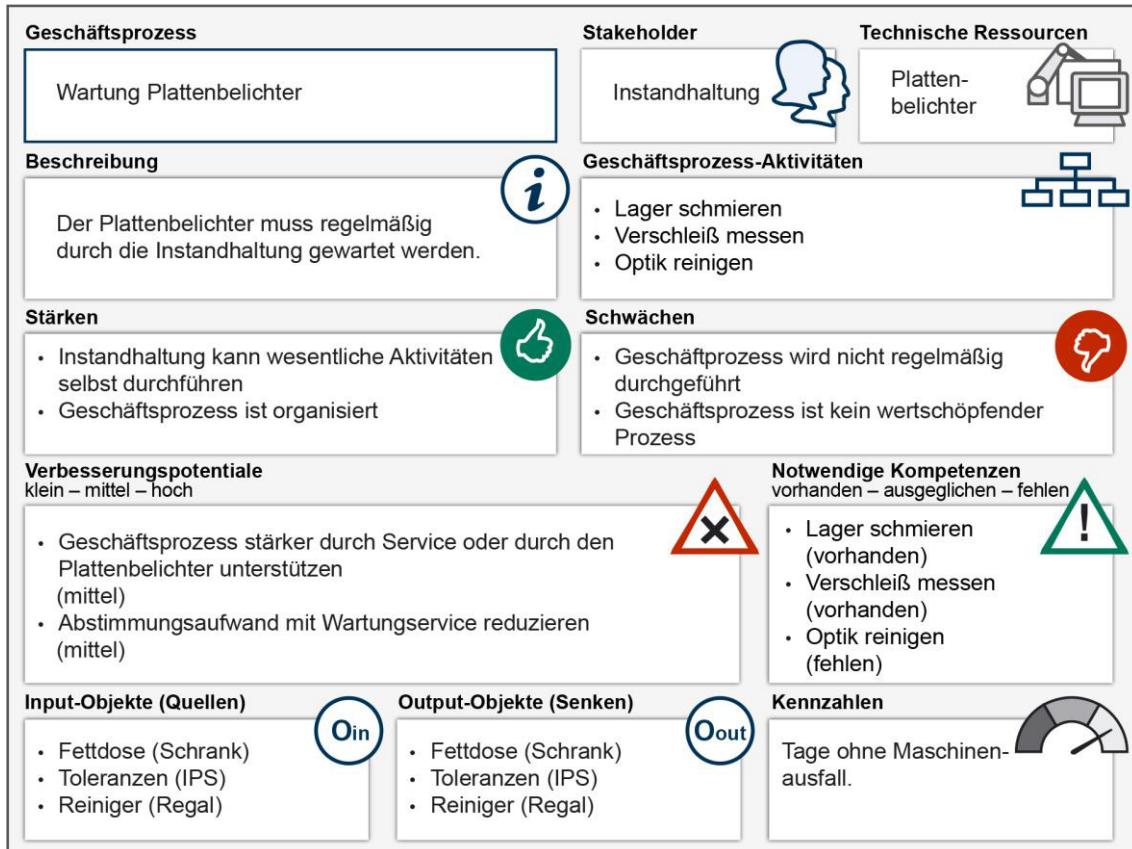


Bild 5-7: Analysekarte für den Kunden-Geschäftsprozess Wartung Plattenbelichter

Anschließend werden Schema-Sichten erzeugt. Je identifizierten Kunden-Geschäftsprozess wird eine Schema-Sicht erstellt. Grundlage dafür sind das Systemmodell der aktuellen Plattenbelichtergeneration, die ergänzenden Produkte und die Analysekarten der Kunden-Geschäftsprozesse. Begonnen wird mit einem Kunden-Geschäftsprozess, der große Schwächen, ein hohes Verbesserungspotential oder fehlende Kompetenzen aufweist. Die einzelnen Schema-Sichten werden durch das Team analysiert. Das Bild 5-8 zeigt eine exemplarisch erzeugte Schema-Sicht für den Kunden-Geschäftsprozess „Wartung Plattenbelichter“, das Produkt „Plattenbelichter“ und das ergänzende Produkt „Wartungs-Service“.

Im Fokus der Produkt-Geschäftsprozess-Analyse stehen die Bereiche „Geschäftsprozess-Aktivitäten“, „Unterstützt/Übernimmt“ sowie „Produkt“ in den Schema-Sichten. Diese zeigen auf, wie die einzelnen Geschäftsprozess-Aktivitäten eines Geschäftsprozesses durch den Plattenbelichter und ergänzende Produkte unterstützt, übernommen oder nicht unterstützt werden. Beispielsweise werden die Geschäftsprozess-Aktivitäten „Lager schmieren“, „Verschleiß messen“ und „Optik reinigen“ des Kunden-Geschäftsprozesses „Wartung Plattenbelichter“ nicht vollständig vom Plattenbelichter übernommen. Vor diesem Hintergrund werden im Workshop Zusatzeigenschaftsideen gesucht.

Es entsteht z. B. die Idee einer „selbstschmierenden Lagerung“. Die Zusatzeigenschaftsidee automatisiert eine bisher nicht durch den Plattenbelichter oder ergänzende Produkte

unterstützte Geschäftsprozess-Aktivität „Lager schmieren“. Der Plattenbelichter übernimmt damit die Geschäftsprozess-Aktivität „Lager schmieren“ vollständig selbst. Kunden können dadurch zukünftig Wartungskosten sparen und ggf. Stillstandkosten durch defekte Lager vermeiden.

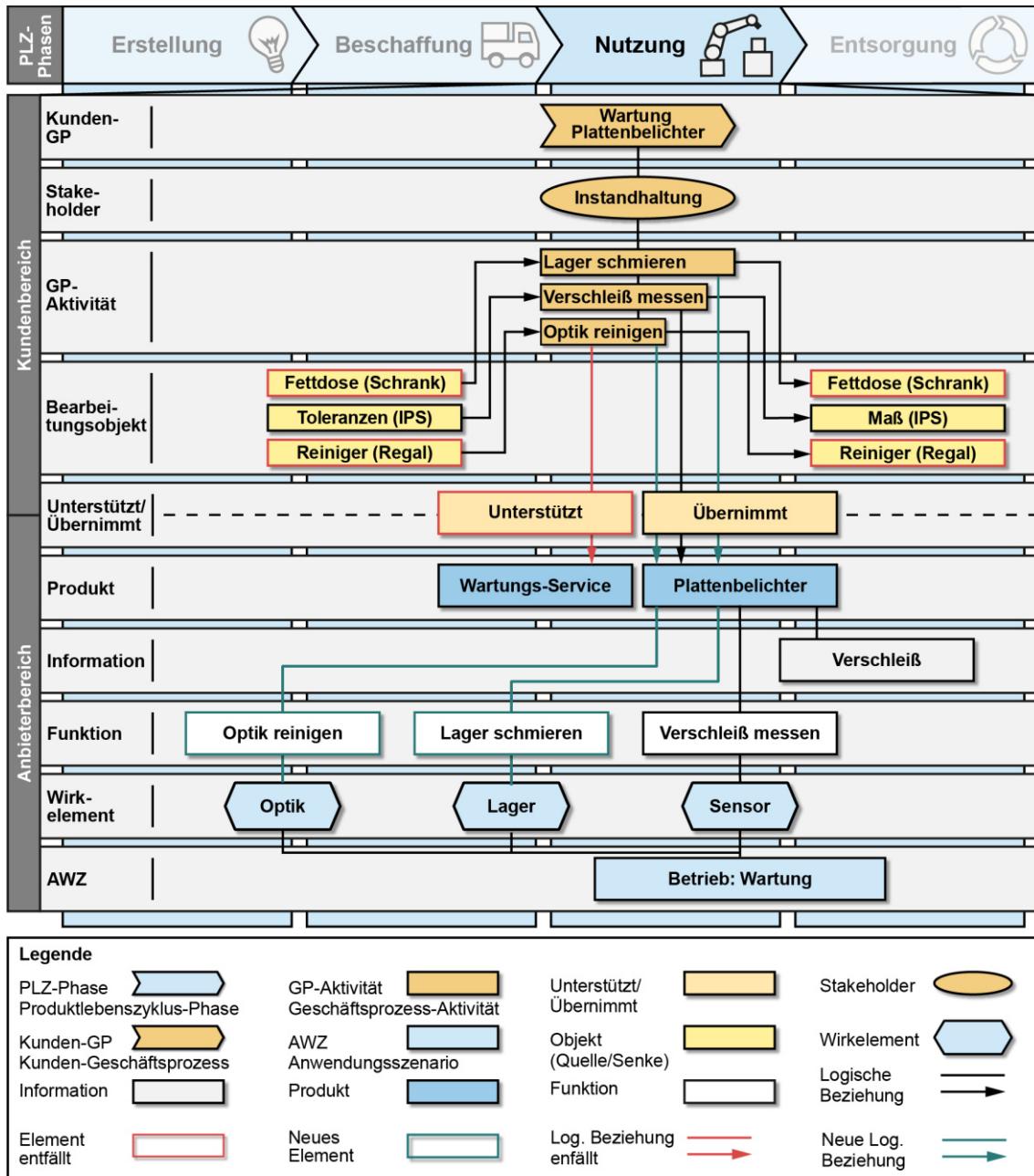


Bild 5-8: Produkt-Geschäftsprozess-Schema am Beispiel des Wartungsprozesses Plattenbelichter

Eine andere Zusatzidee betrifft die Geschäftsprozess-Aktivität „Optik reinigen“. Diese Aktivität wird bisher durch den „Wartungs-Service“ unterstützt. Zukünftig könnte diese durch die Zusatzidee einer „verschmutzungsfreien Optik“ vom Plattenbelichter übernommen werden bzw. komplett entfallen.

Die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen werden jeweils in einem Eigenschaftsideen-Steckbrief dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1 im Anhang). Diese werden in der letzten Phase des Vorgehens bewertet.

5.3 Phase 2: Kundenorientierte Ideenfindung

In der zweiten Phase des Vorgehens zur modellgestützten Produktfindung werden weitere Zusatzeigenschaftsideen für eine neue Plattenbelichtergeneration gesucht. Es wird das Suchfeld „Kunde“ auf der Grundlage von verfügbaren Informationen und Wissen über Kunden analysiert und Zusatzeigenschaftsideen gesucht. Hierfür analysiert das Team zunächst die vorgegebene Kundensegmentierung und die bestehenden Kunden der aktuellen Plattenbelichtergeneration. Dabei stellt sich z. B. heraus, dass aufgrund des Umsatzes das wichtigste Segment der bestehenden Plattenbelichtergeneration das Kundensegment „Große Druckereien“ ist. Das Kundensegment wird ausgewählt und in die Anforderungsprofil-Map übertragen. Zusätzlich werden zwei Druckhäuser aus diesem Kundensegment identifiziert, die als Lead-User fungieren und im weiteren Verlauf des Projekts einbezogen werden.

Um Ziele, Aufgaben und Probleme der Kunden zu ermitteln, werden die Stakeholder eines typischen Beschaffungsprozesses identifiziert. Hierfür werden zunächst die Zusammensetzungen der Buying-Center zweier Lead-User analysiert. Die Lead-User dienen als segmenttypische, trendführende Kunden, die stellvertretend für das ausgewählte Kundensegment analysiert werden. Zur Identifikation der Stakeholder wird auf die Kreativitätstechnik Brainstorming zurückgegriffen und die potentiellen Stakeholder in einer Liste gesammelt. Anschließend werden die Beschaffungsprozesse der Lead-User modelliert und analysiert. Die in der Liste gesammelten Stakeholder werden den Aktivitäten des Beschaffungsprozesses zugeordnet und fehlende Stakeholder ermittelt. Für jeden Stakeholder wird ein Persona-Steckbrief erstellt. Die Stakeholder werden in die Anforderungsprofil-Map für das Segment „Große Druckereien“ übertragen.

Bevor Hypothesen über Ziele, Aufgaben und Probleme der Stakeholder durch das Team aufgestellt werden, wird der übergeordnete Zweck des Plattenbelichters für Kunden ermittelt und in den Bereich Eigenschaften der Anforderungs-Map übertragen. Zur Ermittlung des Zwecks wird auf den Leitsatz zurückgegriffen: Wir benötigen ein Produkt, das Platten belichtet. Aufbauend auf der Kernprodukteigenschaft „Platten belichten“ wird das übergeordnete Ziel „belichtete Platten“ der Kunden ermittelt und in den Bereich Ziele der Anforderungs-Map übertragen (siehe Bild 5-9).

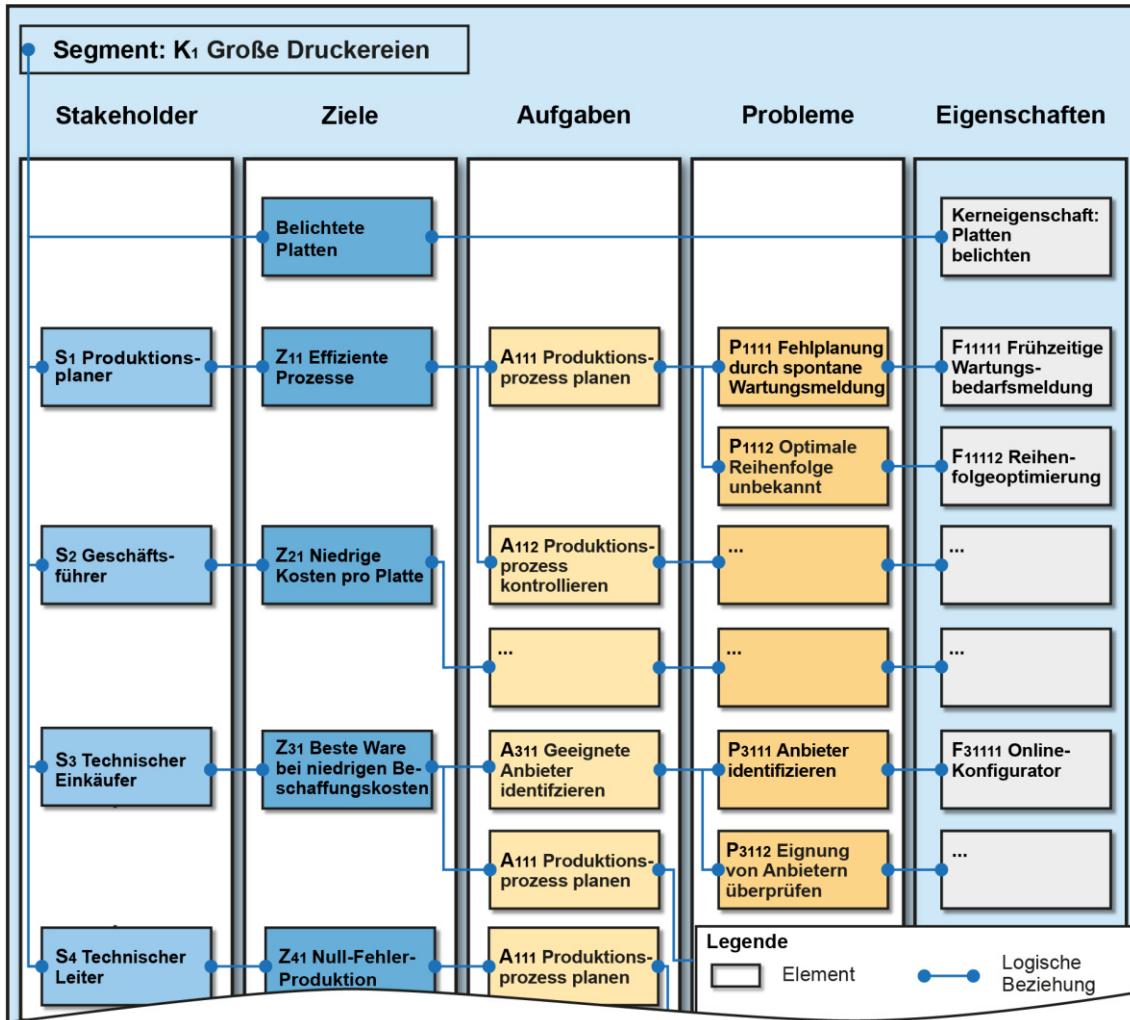


Bild 5-9: Anforderungs-Map am Beispiel des Plattenbelichters (angelehnt an [ATK+19]) (Auszug)

Das sind die ersten übergeordneten Hypothesen über die Kunden. Die aus den Kerneigenschaften des Plattenbelichters ermittelten Kundenziele bilden den grundsätzlichen Beschaffungsbedarf der Kunden ab. Um begeisternde Zusatzeigenschaftsideen zu finden, werden anschließend Ziele, Aufgaben und Probleme der Stakeholder analysiert. Hierfür wird jeder Stakeholder einzeln betrachtet, Hypothesen aufgestellt und diese in die Anforderungsprofil-Map übertragen. Insbesondere vorher nicht gelöste Probleme werden bei der Suche von begeisternden Zusatzeigenschaftsideen adressiert. Ein vorher kaum berücksichtigtes Problem ist bspw. die aufwendige manuelle Parametrisierung der aktuellen Plattenbelichtergeneration. Eine Parametrisierung ist u. a. notwendig, wenn die Produktion auf Druckplatten eines anderen Druckplattenherstellers umgestellt wird.

Basierend auf den Hypothesen über Ziele, Aufgaben und Probleme werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht und in die Anforderungsprofil-Map übertragen. Die aufgestellten Hypothesen werden durch die Befragung der Lead-User überprüft. Hierfür werden Be-

fragungen der einzelnen Stakeholder durchgeführt. Die Ergebnisse werden in die Anforderungsprofil-Map übertragen. Falsifizierte Hypothesen werden überarbeitet; die sich in der Befragung ergebenen zusätzlichen Ziele, Aufgaben, Probleme werden in der Anforderungsprofil-Map ergänzt. Durch das Vorgehen werden u. a. grundlegend falsche Hypothesen aufgedeckt, die teilweise seit Jahren im betrachteten Unternehmen berücksichtigt werden. Beispielsweise wurde angenommen, dass Kunden immer die aktuellste Software auf dem Plattenbelichter installiert haben wollen, um von Verbesserungen zu profitieren. Es zeigte sich, dass diese Updates häufig zu Problemen führen. Um eine automatische Installation zu einem ungünstigen Zeitpunkt zu vermeiden, verzichten die Kunden häufig auf Updates. Diese Kunden profitieren somit nicht von Verbesserungen durch Updates. Das Problem wird in die Anforderungsprofil-Map übertragen. Aufbauend auf den Erkenntnissen werden Zusatzeigenschaftsideen gesucht. Eine solche Zusatzeigenschaftsidee ist bspw. die Bündelung von Updates mit fernüberwachter Installation in typischen Stillstandszeiten am Vormittag. Dadurch können Kunden bei sehr geringem Ausfallrisiko wieder von Updates profitieren. Die gefundenen Zusatzeigenschaftsideen werden abschließend jeweils in einem Eigenschaftsideen-Steckbrief dokumentiert (vgl. Abschnitt A2.1). Resultat der zweiten Phase sind in Steckbriefen dokumentierte Zusatzeigenschaftsideen.

5.4 Phase 3: Bewertung und Auswahl von Ideen

In der abschließenden dritten Phase des Vorgehens zur modellgestützten Produktfindung werden die in der ersten und zweiten Phase gefundenen Zusatzeigenschaftsideen systematisch bewertet und erfolgversprechende Ideen ausgewählt. Zur Bewertung der Zusatzeigenschaftsideen wird eine Bewertungsmethode mit drei Phasen angewendet (vgl. Abschnitt 4.5).

In der ersten Bewertungsphase werden zunächst die in den Steckbriefen dokumentierten Zusatzeigenschaftsideen hinsichtlich ihrer Strategiekonformität bewertet. Diese Grobbe Bewertung dient der Vorauswahl zur Reduktion des Bewertungsaufwandes in den Folgeschritten. Gleichzeitig wird die Strategiekonformität der Zusatzeigenschaftsideen sichergestellt. Im Rahmen der Grobbedeutung wird die Konformität der Zusatzeigenschaftsideen hinsichtlich der spezifischen Ziele des Planungsprojekts für eine neue Plattenbelichtergeneration bewertet. Diese strategischen Ziele wurden zuvor u. a. aus der Geschäftsstrategie abgeleitet. Ein Beispiel für ein solches Ziel ist: „Den Umsatz durch eine neue Produktgeneration um 10 % zu erhöhen“. Zur Bewertung der Zusatzeigenschaftsideen werden diese durch das Team hinsichtlich des Zielbeitrags bewertet. Unterstützend wird hierfür eine Zielbeitragsmatrix erstellt. Die Bewertung wird durch die Bestimmung der gewichteten Zielwirkung und eine daraus abgeleitete Rangfolge ausgewertet. Das Team entscheidet sich dafür, die besten 25 Zusatzeigenschaftsideen nach Rangfolge für die weitere Analyse auszuwählen.

In der zweiten Bewertungsphase werden die verbleibenden 25 Zusatzeigenschaftsideen hinsichtlich ihres Kundennutzen- und Synergiepotentials bewertet. Die Bewertung stellt sicher, dass Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Nutzen für Kunden ausgewählt werden.

Zunächst wird überprüft, ob die 25 Zusatzeigenschaftsideen im Anforderungsprofil „Große Druckereien“ enthalten sind. Dies ist nicht der Fall; aus diesem Grund wird das Anforderungsprofil um fehlende Zusatzeigenschaftsideen ergänzt; diese werden mit den Elementen Kundenprobleme, -aufgaben, -ziele und Stakeholder verknüpft.

Auf Grundlage des Anforderungsprofils werden die Kundennutzenpotentiale und Synergiepotentiale der Zusatzeigenschaftsideen untersucht. Hierfür werden die einzelnen Faktoren auf Basis von verfügbaren Informationen und des Wissens über Kunden abgeschätzt. Es wird das normierte Kundennutzenpotential jeder Zusatzeigenschaftsidee ermittelt (vgl. Abschnitt 4.5.2). Zur Bestimmung der Synergiepotentiale werden jeweils die mit Zusatzeigenschaftsideen assoziierten Probleme auf Ähnlichkeit mit Problemen in anderen Anforderungsprofilen überprüft. Hierfür wird eine Konsistenzmatrix erstellt und das normierte Synergiepotential bestimmt (vgl. Abschnitt 4.5.2). Die Zusatzeigenschaftsideen werden in das Synergie-Kundennutzenpotential-Portfolio übertragen. Mittels des Portfolios werden 10 Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Kunden- und Synergiepotential ausgewählt.

In der dritten Bewertungsphase werden die verbleibenden 10 Zusatzeigenschaftsideen in einem Workshop durch das Team qualitativ bewertet. Zur Bewertung wird eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Hierfür werden fünf gleichgewichtete Bewertungsdimensionen mit insgesamt 20 Bewertungskriterien ausgesucht und eine Gewichtung der Bewertungskriterien vorgenommen (vgl. Abschnitt 4.5.3). Es werden die folgenden Bewertungsdimensionen verwendet: Kundennutzen, Wirtschaftlichkeit, Machbarkeit, Strategiekonformität und Unsicherheit. Anschließend werden die Nutzwerte der einzelnen Zusatzeigenschaftsideen ermittelt. Das Bild 5-10 zeigt einen Auszug aus der Bewertungsmatrix der Zusatzeigenschaftsideen für eine neue Plattenbelichtergeneration.

Trotz eines eindeutigen Bewertungsergebnisses für die Zusatzeigenschaftsidee „Zusätzliche Wartungsluke“ beschließt das Management die Auswahl von drei Zusatzeigenschaftsideen. Diese sollen durch detaillierte Konzepte der Entwicklungsabteilung konkretisiert und danach erneut bewertet werden. In die nachfolgende Umsetzungsplanung fließen somit zunächst drei Zusatzeigenschaftsideen ein.

Resultat des *Vorgehensmodells zur modellgestützten Produktfindung* sind bewertete und ausgewählte Zusatzeigenschaftsideen für eine neue Plattenbelichtergeneration.

Bewertungsmatrix		Gewichtung (G)	Zusatzeigenschaftsideen (F)									
			Integrierte Belichtungs-qualitäts-prüfung		...		Selbst-reinigende Optik		Zusätzliche Wartungsruhe		...	
Bewertungsdimension (D)		B	GxB	B	GxB	B	GxB	B	GxB	B	GxB	B
Kriterium (K)	Nützlichkeit	0,25	1	0,25	2	0,5	2	0,5	3	0,75	0	0
	Benutzungsfreundlichkeit	0,25	1	0,25	1	0,25	2	0,5	3	0,75	0	0
	Begeisterungspotential	0,1	2	0,2	0	0	2	0,2	1	0,1	1	0,1
	Kostenvorteilspotential	0,2	1	0,2	1	0,2	2	0,4	2	0,4	1	0,2
	Kommunikationspotential	0,2	2	0,4	1	0,2	1	0,2	2	0,4	0	0
Σ Kundennutzen		1,3		1,15		1,8		2,4		0,3		
Kriterium (K)	Marktpotential	0,2	1	0,2	2	0,4	2	0,4	3	0,6	0	0
	Differenzierungspotential	0,1	1	0,2	1	0,2	2	0,4	1	0,1	2	0,4
	Synergiepotential	0,15	3	0,45	1	0,15	3	0,45	2	0,3	1	0,15
	Prozessverbesserungspotential	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,15
	Aufwand/Kosten	0,2	0	0,2	3	0,6	2	0,4	3	0,6	1	0,2
	Risiko	0,2	1	0,2	3	0,6	2	0,4	3	0,6	3	0,6
Σ Wirtschaftlichkeit		1,05		1,95		2,05		2,2		1,5		
Kriterium (K)	Kompetenzen	0,2	1	0,2	3	0,6	2	0,4	3	0,6	2	0,4
	Organisatorische Machbarkeit	0,1	1	0,1	3	0,3	2	0,2	3	0,3	2	0,2
	Technische Machbarkeit	0,25	1	0,25	4	0,75	2	0,5	3	0,75	3	0,75
	Rechtliche und ethische Hürden	0,2	3	0,6	3	0,6	3	0,6	3	0,6	1	0,2
	Time to Market (TtM)	0,25	1	0,25	2	0,5	1	1	3	0,75	3	0,75
Σ Machbarkeit		1,4		2,75		2,7		3		2,3		
Kriterium	Konkretisierungsgrad	0,3	1	0,3	2	0,6	1	0,6	2	0,6	2	0,6
	Verständlichkeit	0,3	2	0,6	3	0,9	1	0,3	3	0,9	2	0,6
	Neuheitsgrad	0,4	2	0,8	3	1,2	2	0,8	2	0,8	0	0
Σ Unsicherheit		1,7		2,7		1,7		2,3		1,2		
Σ Strategiekonformität		2		2		2		2		1		
Σ Gesamt		7,45		10,55		10,25		11,9		6,7		

Bild 5-10: Bewertungsmatrix der Zusatzeigenschaftsideen für eine neue Plattenbelichtergeneration (Auszug)

5.5 Kritische Bewertung der Systematik anhand der Anforderungen

In diesem Abschnitt findet abschließend eine Bewertung der erarbeiteten *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung* statt. Hierzu wird für jede Anforderung aus Abschnitt 2.8 überprüft, inwiefern diese durch die Bestandteile bzw. das Zusammenwirken der Systematik erfüllt wird. Einen Bezug zu den Anforderungen an die Systematik stellt Bild 5-11 her.

A1) Integraler Bestandteil der Produktgenerationenplanung: Die Bestandteile der Systematik sind der strategischen Produktplanung bzw. der Produktgenerationenplanung zuzuordnen (vgl. Abschnitt 2.4). Gesteuert wird das Vorgehen durch das Vorgehensmodell der Systematik (vgl. Abschnitt 4.2). Auf Grundlage von vorgegebenen Suchfeldern werden in der modellgestützten Produktfindung Zusatzeigenschaftenideen gesucht, bewertet und ausgewählt. Die ausgewählten Zusatzeigenschaftsideen fließen anschließend in die Konzipierung und in die Geschäftsplanung einer neuen Produktgeneration ein.

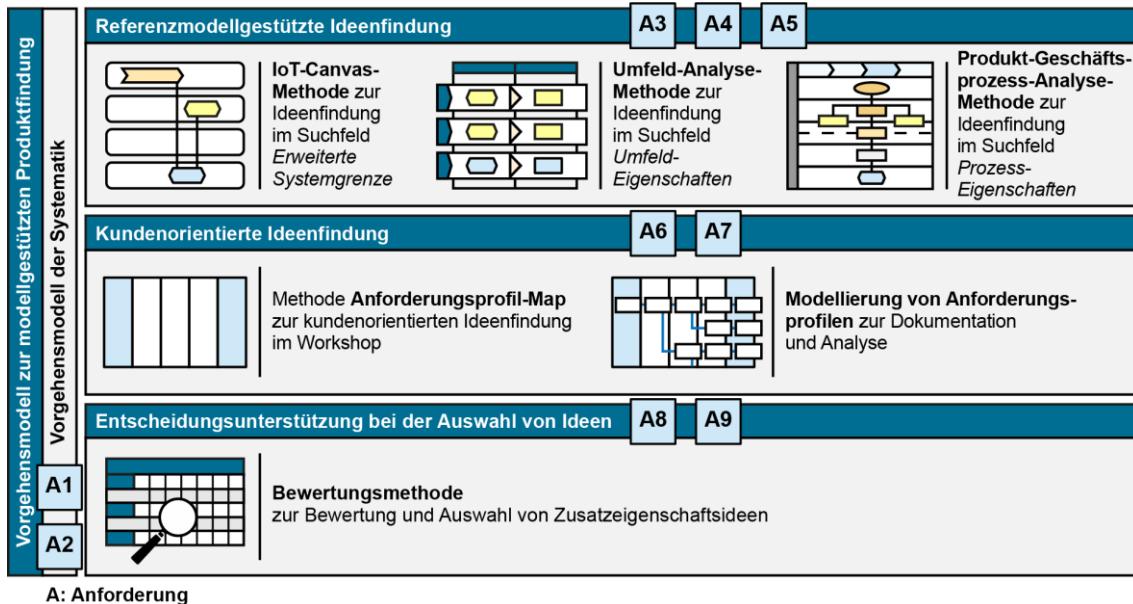


Bild 5-11: Erfüllung der Anforderungen durch die Systematik

A2) Anwendbarkeit: Die Anwendbarkeit der Systematik wurde am Beispiel eines Plattenbelichters belegt (vgl. Abschnitt 5.1). Zur praktikablen Ausführung trägt u. a. das Vorgehensmodell für die modellgestützte Produktfindung bei (vgl. Abschnitt 4.2). Das Vorgehen unterstützt Anwender bei der Durchführung einer modellgestützten Produktfindung, indem Phasen, Meilensteine, Methoden und zu erwartende Resultate vorgegeben werden. Das Vorgehen und die einzelnen entwickelten Methoden werden ausführlich beschrieben und sind ohne lange Einarbeitungszeit einsetzbar.

A3) Modellgestützte Systembeschreibung: Zur Systembeschreibung werden CONSENS und OMEGA verwendet (vgl. Abschnitt 3.1.1). Diese umfassen u. a. Konstrukte zur Modellierung von Geschäftsprozessen. Der Einsatz von CONSENS und OMEGA ermöglicht eine Beschreibung von technischen Systemen und Geschäftsprozessen von Kunden. Die Sprachen sind für einen Model-Based-Systems-Engineering-Ansatz geeignet und ermöglichen eine interdisziplinäre Systembeschreibung zur Kommunikation und Kooperation. Grundsätzlich ist die Systematik unabhängig von einer spezifischen Modellierungssprache.

A4) Nutzbarmachung von Systemmodellen: Die Systematik macht bestehende Systemmodelle durch Erzeugung spezifischer Sichten für die Produktfindung in der Produktgenerationenplanung nutzbar. Zur Erzeugung von Sichten werden die entwickelten Methoden Internet-of-Things-Canvas (vgl. Abschnitt 4.3.1), Umfeld-Analyse (vgl. Abschnitt 4.3.2) und Produkt-Geschäftsprozess-Analyse (vgl. Abschnitt 4.3.3) eingesetzt. Die Methoden erzeugen Sichten, die komplexe Sachverhalte von Referenzprodukten einfach für die Produktfindung darstellen. Zur Erzeugung der Sichten werden jeweils bestimmte Bereiche vorgegeben. Dies ermöglicht die einfache Darstellung einer spezifischen Ist-Situation eines Referenzprodukts. Gleichzeitig unterstützen die spezifischen

Bereiche die Suche von Zusatzeigenschaftsideen. Die Erzeugung von Sichten wird ausführlich erläutert und ist für Produktplaner handhabbar.

A5) Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme: Die Systematik unterstützt die Erschließung von Nutzenpotentialen des Wandels technischer Systeme in der Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung. Hierfür werden die entwickelten Methoden Internet-of-Things-Canvas (vgl. Abschnitt 4.3.1), Umfeld-Analyse (vgl. Abschnitt 4.3.2) und Produkt-Geschäftsprozess-Analyse (vgl. Abschnitt 4.3.3) eingesetzt. Die drei Methoden unterstützen die Analyse der Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften (vgl. Abschnitt 2.5.3). Auf Grundlage der Analyse können Zusatzeigenschaftsideen gefunden werden, die die Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme erschließen.

A6) Berücksichtigung von Kundenaufgaben und Kundenproblemen: Die entwickelte Methode Anforderungsprofil-Map berücksichtigt bei der kundenorientierten Ideenfindung explizit Aufgaben und Probleme von Kunden (vgl. Abschnitt 4.4). Dabei werden Aufgaben von Problemen differenziert und mit Kundenzielen und Stakeholdern in Verbindung gebracht. Die entwickelte Methode kann in Workshops angewendet werden, um verfügbare Informationen und Wissen von Mitarbeitern einzubeziehen. Hierfür stellt diese eine Dokumentationsvorlage und ein konkretes Vorgehen für die Erstellung einer Anforderungsprofil-Map bereit. In der Methode werden neben den Aufgaben und Problemen von Benutzern auch die Aufgaben und Probleme weiterer relevanter Stakeholder berücksichtigt. Die Methode unterstützt die Herstellung eines Problemverständnisses und die Suche von Zusatzeigenschaftsideen.

A7) Modellgestützte Kundenbeschreibung und Analyse: Zur modellgestützten Beschreibung und Analyse werden Anforderungsprofile in Modellen spezifiziert (vgl. Abschnitt 4.4.2). Die Modellierung von Anforderungsprofilen fügt sich in den Model-Based-Systems-Engineering-Ansatz ein. Im Partialmodell Anforderungsprofil werden Kundensegmente, Stakeholder, Ziele, Aufgaben und Probleme von Kunden sowie Eigenschaften graphisch modelliert. Durch die Modelle kann zu jeder Zeit nachvollzogen werden, welche Kundenziele, -aufgaben und -probleme durch eine Zusatzeigenschaftsidee adressiert werden. Das Anforderungsprofil-Partialmodell erlaubt die Analyse der komplexen Zusammenhänge von Kunden, Kundenzielen, -aufgaben, -problemen und Zusatzeigenschaftsideen. Die modellgestützte Kundenbeschreibung unterstützt die Ideenfindung und ermöglicht die Wiederwendung von Anforderungsprofilen.

A8) Bewertungskriterien für eine pragmatische Bewertung von Ideen: In der Systematik werden Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien zur Verfügung gestellt (vgl. Abschnitt 4.5). Diese erlauben eine pragmatische Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen in einer frühen Phase bei hoher Unsicherheit. Zur Identifikation von Zusatzeigenschaftsideen mit hohem Kundennutzenpotential wird auf Anforderungsprofil-Partialmodelle zurückgegriffen (vgl. Abschnitt 4.5.2). Zur Durchführung einer Nutz-

wertanalyse werden fünf Bewertungsdimensionen mit 20 Bewertungskriterien vorgeschlagen (vgl. Abschnitt 4.5.3). Die Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien können individuell angepasst und durch Faktoren gewichtet werden. Der Bewertungsansatz berücksichtigt u. a. die Bewertungsdimension Kundennutzen.

A9) Plausibilität und Nachvollziehbarkeit der Bewertung: Der Bewertungsansatz der Systematik ermöglicht eine eindeutige, vergleichbare und reproduzierbare Bewertung von Zusatzeigenschaftsideen (vgl. Abschnitt 4.5). Hierfür werden die Durchführung der Bewertung, die Berechnungsvorschriften und die Auswahl der Ideen ausführlich und allgemeinverständlich beschrieben. Trotz einer mehrstufigen Bewertung ermöglicht die Systematik eine nachvollziehbare Auswahl von Ideen, da diese einem eindeutigen Vorgehen folgt. Die Bewertungsergebnisse werden dabei einheitlich und nachvollziehbar dokumentiert.

Die entwickelte *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationsplanung* erfüllt somit alle Anforderungen in vollem Umfang. Sie ermöglicht die modellgestützte Suche und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen im Rahmen einer Produktgenerationenplanung. Anhand einer Produktfindung für eine neue Plattenbelichtergeneration wurde die erfolgreiche Anwendung der Systematik nachgewiesen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Das produzierende Gewerbe (z. B. Maschinenbau) ist zunehmend von der Commoditisierung seiner Produkte (z. B. Plattenbelichter) betroffen (vgl. Abschnitt 2.2). Die Commoditisierung äußert sich in der aus Kundensicht zunehmenden fehlenden Differenzierung von Produkten gegenüber Wettbewerbsprodukten [HSB09]. Die Folge der Commoditisierung ist in der Regel ein zunehmender Wettbewerb über den Preis. Ein harter Preiswettbewerb ist mit Blick auf die fortschreitende Globalisierung und die deutschen Lohnkosten für das hiesige produzierende Gewerbe kaum zu gewinnen.

Einen Ausweg aus der drohenden Commoditisierung bietet die Produktdifferenzierung über Produkteigenschaften, die Kundennutzenvorteile gegenüber Wettbewerbsprodukten realisieren [HSB09]. Zur Produktdifferenzierung müssen neue Produktgenerationen geplant, entwickelt und auf den Markt gebracht werden, die einen überragenden Kundennutzen durch Zusatzeigenschaften schaffen und Kunden begeistern. Die durch die Zusatzeigenschaften einer neuen Produktgeneration erzielten Nutzenvorteile gegenüber Wettbewerbsprodukten differenzieren das Produkt aus Kundensicht. Die Suche von Zusatzeigenschaftsideen für neue Produktgenerationen erscheint für eine Produktdifferenzierung erfolgversprechend (vgl. Abschnitt 2.2.4).

Das produzierende Gewerbe ist indes mit dem Wandel technischer Systeme konfrontiert. Der Wandel technischer Systeme äußert sich insbesondere durch die zunehmende Durchdringung jeglicher Produkte mit Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) [GRS14], [GB12], [Aca14]. Kern des Wandels ist die Weiterentwicklung mechatronischer Systeme zu intelligenten technischen Systemen (ITS) (vgl. Abschnitt 2.3). Aus dem Wandel technischer Systeme resultieren Nutzenpotentiale für die Schaffung neuer einzigartiger Zusatzeigenschaften.

Strategisch geplant werden neue Produktgenerationen in der Produktgenerationenplanung. Eine entscheidende Aufgabe in der Produktgenerationenplanung ist die Produktfindung (vgl. Abschnitt 2.5). Diese beschäftigt sich in den Phasen Ideenfindung und Ideenauswahl mit der Suche und Auswahl von Ideen für neue Produktgenerationen.

In der Ideenfindung werden Ideen in der Regel in vorgegebenen Suchfeldern (z. B. Vorgängergeneration oder Kunden) gesucht, die zunächst analysiert werden. Suchfelder spielen für eine zielgerichtete Ideenfindung eine wichtige Rolle, da sie Denkräume eingrenzen, in denen nach Ideen gesucht wird (vgl. Abschnitt 2.5.3). Erfolgversprechend erscheinen in der Produktfindung im Rahmen der Produktgenerationenplanung die Suchfelder Vorgängergeneration und Kunden. Wobei das Suchfeld Vorgängergeneration für die Analyse weiter in die Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften untergliedert wird. Zu diesen Suchfeldern sind in der Regel umfangreiche Informationen verfügbar (vgl. Abschnitt 2.5.3). Diese Informationen können zur Analyse der Ist-Situation der technischen Lösungen sowie zur Identifikation von

Problemen und Bedürfnissen verwendet werden, die eine geeignete Grundlage für die Suche von Zusatzeigenschaftsideen darstellen.

Vielversprechende Informationen zum Suchfeld Vorgängergeneration beinhalten bestehende Systemmodelle von Vorgängergenerationen, die mit einem Model-Based-Systems-Engineering-Ansatz erstellt wurden. Diese Referenzmodelle enthalten typischerweise Informationen über die technische Lösung (z.B. Systemarchitektur), Nutzung durch Kunden (z. B. Anwendungsfälle), Interaktion mit anderen technischen Systemen und Menschen (z. B. Schnittstellendefinition) sowie zu Rahmenbedingungen (z. B. Umfeld des technischen Systems). Die Nutzung dieser Information erscheint auch zur Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch die Suche von entsprechenden Zusatzeigenschaftsideen geeignet. Problematisch ist, dass bestehende Systemmodelle in der Regel nicht für den Zweck der referenzmodellgestützten Ideenfindung erstellt wurden sowie häufig umfangreich und schwer überschaubar sind (vgl. Abschnitt 2.6.3).

Mit der Analyse des Suchfelds Kunden kann eine kundenorientierte Ideenfindung angestoßen werden, die für die Suche von differenzierenden Zusatzeigenschaftsideen geeignet erscheint. Über bestehende Kunden von Vorgängergenerationen sind in der Regel umfangreiche Informationen und Wissen verfügbar. Ein Ansatz für eine kundenorientierte Ideenfindung ist die Identifikation von Kundenproblemen und Kundenaufgaben, auf deren Grundlage Zusatzeigenschaftsideen gesucht werden. Die Identifikation von Kundenproblemen und Kundenaufgaben sowie die systematische Dokumentation zur Herstellung eines Problemverständnisses sind für das produzierende Gewerbe auf Business-to-Business-Märkten bisher unzureichend systematisiert.

Ergebnis der Ideenfindung ist in der Regel eine große Anzahl von Ideen. In der Ideenauswahl werden diese anhand von Kriterien bewertet und ausgewählt. Ziel ist die Identifikation von erfolgversprechenden Ideen. Es gilt, die Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen durch geeignete Bewertungsdimensionen und -kriterien zu unterstützen. Die Bewertungsmethode muss eine effektive und effiziente Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen für eine wirtschaftliche Ideenauswahl ermöglichen (vgl. Abschnitt 2.5.5).

Aus den aufgezeigten Gründen besteht daher ein Bedarf für eine *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung*. Der Handlungsbedarf erstreckt sich über vier Handlungsfelder (vgl. Abschnitt 2.7). Für eine modellgestützte Produktfindung gilt es, das Vorgehen zu strukturieren. Es müssen bestehende Systemmodelle für eine referenzmodellgestützte Ideenfindung durch spezifische Methoden nutzbar gemacht werden. Dabei gilt es, die Erschließung der Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch die Analyse des Suchfelds Vorgängergeneration auf Grundlage bestehender Systemmodelle zu unterstützen und die Suche entsprechender Zusatzeigenschaftsideen zu ermöglichen. Zudem bedarf es einer kundenorientierten Ideenfindung auf Grundlage von Kundenaufgaben und Kundenproblemen, um Zusatzeigenschaftsideen zu

finden, die das Potential besitzen Kundennutzen zu schaffen. Zur Bewertung und Auswahl von erfolgversprechenden Zusatzeigenschaftsideen ist eine geeignete Methode einzusetzen, die eine systematische und pragmatische Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen ermöglicht.

Im Rahmen dieser Arbeit werden Ansätze zur referenzmodellgestützten Ideenfindung, zur kundenorientierten Ideenfindung und zur Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen untersucht (vgl. Abschnitt 3.4). Die Analyse ausgewählter Methoden und Ansätze im Stand der Technik zeigt, dass diese die Herausforderungen nicht umfassend adressieren. Allerdings existieren partielle Ansätze, die eine Unterstützung bei der modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung liefern können.

Die in Kapitel 4 beschriebene Systematik greift vereinzelt Aspekte des untersuchten Stands der Technik auf, um diese in neue Methoden zu integrieren, die über ein Vorgehensmodell zu einer durchgängigen Systematik verknüpft werden. Das Ergebnis setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen, die jeweils eines der aufgezeigten Handlungsfelder adressieren (vgl. Abschnitt 2.7):

- **Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung:** Ein Vorgehensmodell leitet durch die Systematik, beschreibt Aufgaben/Methoden und zu erwartende Resultate. Es verknüpft die Methoden und Werkzeuge und dient als Leitfaden zur integrierten Anwendung der Systematik (vgl. Abschnitt 4.2).
- **Referenzmodellgestützte Ideenfindung:** Die Methoden Internet-of-Things-Canvas, Umfeld-Analyse und Produkt-Geschäftsprozess-Analyse dienen zur referenzmodellgestützten Ideenfindung. Die drei Methoden machen bestehende Systemmodelle von Referenzprodukten (z. B. Vorgängergeneration) durch die Erzeugung geeigneter Sichten für die Produktfindung nutzbar. Dabei ermöglichen die Sichten eine Fokussierung auf für die Ideenfindung relevante Modellinhalte. Indes unterstützen die Methoden eine Analyse der Suchfelder erweiterte Systemgrenze, Umfeld-Eigenschaften und Prozess-Eigenschaften, um Nutzenpotentiale des Wandels technischer Systeme durch Suche entsprechender Zusatzeigenschaftsideen zu erschließen (vgl. Abschnitt 4.3).
- **Kundenorientierte Ideenfindung:** Die Methode Anforderungsprofil-Map und die Modellierung von Anforderungsprofil-Partialmodellen unterstützen bei einer systematischen Identifikation und Analyse von Kundenzielen, -aufgaben und -problemen im produzierenden Gewerbe auf Business-to-Business-Märkten. Dabei berücksichtigen die Methoden verfügbare Informationen (z. B. Kundensegmentierung) und Wissen von Mitarbeitern über Kunden (z. B. hinsichtlich Kundenprobleme). Aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse können Zusatzeigenschaftsideen gefunden werden, die Kundenbedürfnisse befriedigen und dadurch Kundennutzen schaffen (vgl. Abschnitt 4.4).

- **Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Ideen:** Eine dreistufige Bewertungsmethode ermöglicht die systematische und pragmatische Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen. Es werden Bewertungsdimensionen und Bewertungskriterien für Zusatzeigenschaftsideen vorgestellt, die unternehmens- oder projektspezifisch ausgewählt, erweitert und gewichtet werden können (vgl. Abschnitt 4.5).

Die Validierung der Systematik erfolgte in einem Projekt mit einem Unternehmen aus der Plattenbelichterbranche (vgl. Abschnitt 5.1). Die Systematik wurde im Projekt zur Produktfindung für eine neue Plattenbelichtergeneration angewendet. Im Rahmen der Validierung wurde das Vorgehensmodell zur modellgestützten Produktfindung vollständig durchlaufen. Aus der Validierung geht hervor, dass die entwickelte *Systematik zur modellgestützten Produktfindung in der Produktgenerationenplanung* die gestellten Anforderungen in vollem Umfang erfüllt (vgl. Abschnitt 5.5).

Im Hinblick auf die modellgestützte Produktfindung besteht weiterer Forschungsbedarf. Zukünftige Arbeiten müssen sowohl die Produktfindung von mehreren aufeinanderfolgenden Produktgenerationen als auch die in der Praxis häufig stattfindende parallele Produktfindung von weiteren Produkten im Produktprogramm berücksichtigen. Aus der integrierten Betrachtung ergeben sich faszinierende Nutzenpotentiale hinsichtlich Zeit, Kosten, Risiken und Qualität für Entwicklungsprojekte in Unternehmen.

Weiterer Forschungsbedarf besteht bei der Verzahnung der vorgelagerten Potentialanalyse mit der modellgestützten Produktfindung. Die modellgestützte Ergebnisdokumentation kann für die modellgestützte Produktfindung einen wesentlichen Input leisten. Die Verknüpfung über ein Systemmodell würde die Berücksichtigung und Verwendung der Ergebnisse sicherstellen; zeitaufwendige Doppelarbeit und Suchen könnten vermieden werden. Ferner könnten Aspekte von Systemmodellen als Grundlage für die Potentialanalyse dienen, z. B. zur Durchführung produktbezogener Wettbewerbsanalysen oder Vorausschauen.

Großer Forschungsbedarf zeigt sich bei der Zusammenführung und Verwendung von Systemmodellen mit Nutzungsdaten, die sich aus der Produktnutzung ergeben. Durch eine steigende Vernetzung von Produkten liegen zunehmend Nutzungsdaten aus dem Betrieb vor, die zur Herleitung und Überprüfung von Hypothesen in der modellgestützten Produktfindung genutzt werden können. Zukünftige Arbeiten können hierfür auf den entwickelten Anforderungsprofil-Ansatz aufbauen.

Ein weiterer Forschungsbedarf ergibt sich aus der mangelnden Leistungsfähigkeit und Benutzungsfreundlichkeit (engl. Usability) von Model-Based-Systems-Engineering-Software-Werkzeugen. Aktuelle Software-Werkzeuge sind für die Verwendung durch Produktplaner in der modellgestützten Produktfindung nicht ausgelegt. Ferner gilt es, die Erzeugung von Sichten auf bestehende Systemmodelle z. B. durch intelligente Assistenzsysteme zu vereinfachen. Eine automatisierte, werkzeugunterstützte Erzeugung von Sichten ist wünschenswert; diese kann auf den vorgestellten Methoden aufbauen.

7 Abkürzungsverzeichnis

AHP	Analytic Hierarchy Process
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BE	Backend
BPMI	Business Process Management Initiative
BPMN	Business Process Model and Notation
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
C/D	Confirmation/Disconfirmation
CAD	Computer-Aided Design
CIM	Computer-integrated manufacturing,
CJM	Customer Journey Map
CONSENS	CONceptual design Specification technique for the ENgineering of complex Systems
CT	Steuerung (engl. Controller)
d. h.	das heißt
dt.	deutsch
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIN	Deutsches Institut für Normung
DoD	Department of Defense
DT	Design Thinking
engl.	Englisch
ERP	Enterprise Resource Planning
et al.	lateinisch et alii / und andere
etc.	et cetera
f.	folgend
ff.	fortfolgende
FMEA	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse Fehlerbaumanalyse

FTA	Fehlerbaumanalyse (engl. Fault Tree Analysis)
ggf.	gegebenenfalls
GNW	Gesamtnutzwert
HLB	Hybrides Leistungsbündel
HMI	Human-Machine-Interface
HoQ	House of Quality
IBM	International Business Machines
IEC	International Electrotechnical Commission
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
INCOSE	International Council on Systems Engineering
inkl.	inklusive
IoT	Internet of Things
iPeM	integrierte Produktentstehungs-Modell
IPS	Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssystem
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
it's OWL	Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe
ITS	Intelligentes Technisches System
lat.	Lateinisch
MBSE	Model-Based Systems Engineering
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MMS	Mensch-Maschine-Schnittstelle
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NWA	Nutzwertanalyse
o.	oder
OMEGA	Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -
OMG	Object Management Group
OOSEM	Object Oriented Systems Engineering Method

PEP	Produktentstehungsprozess
PG	Produktgeneration
PLZ	Produktlebenszyklus
PSS	Product-Service-System
QFD	Quality Function Deployment
RoI	Return on Investment
SCOR	Supply-Chain-Operations-Reference
SE	Systems Engineering
Se	Sensor
sog.	sogenannte
SOP	Start of Production
ST	Stakeholder
Sys	System
SysML	Systems Modeling Language
SYSMOD	Systems Modeling Toolbox
TIPS	Theory of Inventive Problem Solving
TRIZ	Theorie des erfinderischen Problemlösens
TtM	Time to Market
u.	und
UML	Unified Modeling Language
USP	Alleinstellungsmerkmal (engl. unique selling proposition)
u. v. m.	und vieles mehr
v.	von
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
vgl.	vergleiche
VPC	Value Proposition Canvas

WA Wertanalyse

WLAN Wireless Local Area Network

z. B. zum Beispiel

8 Literaturverzeichnis

- [AB09] ABRAHAM, M.; BÜSCHGES, G.: Einführung in die Organisationssoziologie. VS Verlag der Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 4. Auflage, 2009
- [ABH01] ALBERS, S.; BROCKHOFF, K.; HAUSCHILD, J.: Technologie- und Innovationsmanagement – Leistungsbilanz des Kieler Graduiertenkollegs. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2001
- [ABK+18] ALBERS, A. A.; BERNIJAZOVA, R.; KAISER, L.; DUMITRESCU, R.: Internet of Things Canvas for Ideation in Model-Based Product Generation Planning. IEEE – 13th System of Systems Engineering Conference SoSE 2018. Sorbonne Universités. Paris, France, June 19th–22nd, 2018, Paris, 2018
- [ABM+05] ALBERS, A.; BURKHARDT, N.; MEBOLDT, M.; SAAK, M.: SPALTEN Problem Solving Methodology in the Product Development. In: Samuel, A. (Hrsg.): Proceedings of the International Conference of Engineering Design, ICED05, 15.–18. August 2005, Melbourne, The Design Society, Melbourne, 2005
- [ABW15] ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGERST, E.: Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. In: Binz, H.; Bert sche, B.; Bauer, W.; Roth, D. (Hrsg.): Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2015. 19. Juni 2015, Stuttgart, Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2015
- [Aca14] ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (Hrsg.): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Berlin, 2014
- [Ada12] ADAM, T.: Die Bewertung von Innovationsideen. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Rheinisch-Westfälisch Technische Hochschule Aachen, Aachen, 2012
- [AGH+16] ALBERS, A.; GLADYSZ, B.; HEITGER, N.; WILMSEN, M.: Categories of product innovations – A prospective categorization framework for innovation projects in early development phases based on empirical data. In: Wang, L.; Kjellberg, T. (Eds.): 26th CIRP Design Conference, Volume 50, 2016
- [AHM+08] AHLERT, D.; HEUBLER, T.; MICHAELIS, M.; MÖLLER, K.; SCHWAB, C.; SEITER, M.: Instrumente zur Quantifizierung des Kundennutzens als Basis für die Preisfindung bei hybriden Produkten. Controlling: Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmenssteuerung, Ausgabe 20, Vahlen, Frankfurt am Main, 2008, S. 473–487
- [AHW+18] ALBERS, A.; HEIMICKE, J.; WALTER, B.; BASEDOW, G. N.; REIB, N.; HEITGER, N.; OTT, S.; BURSAC, N.: Product Profiles: Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations. 28th CIRP Design Conference, May 2018, Nantes, Procedia CIRP, 2018
- [Aka72] AKAO, Y.: New product development and quality assurance – quality deployment system. Standardization and Quality Control, Volume 25, Issue 4, 1972, pp. 7-14
- [Aka90] AKAO, Y.: Quality Function Deployment. Productivity Press, Cambridge, 1990
- [All15] ALLWEYER, T.: BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung. BOD – Books on Demand, 3. Auflage, Nor derstedt, 2015
- [Alt12] ALT, O.: Modellbasierte Systementwicklung mit SysML. Carl Hanser Verlag, München, 2012
- [Ama83] AMABILE, T.M.: The Social Psychology of Creativity. Springer Verlag, New York, 1983
- [AMC+07] ALEXANDRE, J.; MAIA, A.; CAMOCHO, D.; RODRIGUES, F.; HENRIQUES, J.; CATARINO, J.: How to Measure the Value from a Sustainable Point of View. SAVE International, Volume 30, 2007, pp. 1-9

- [AN04] ANDERSON, C.; NARUS, J.A.: *Business market management*. Prentice Hall, Upper Saddle River, Volume 2, 2004
- [AN95] AAMODT, A.; NYGÅRD, M.: Different Roles and Mutual Dependencies of Data, Information and Knowledge – An AI Perspective on their Integration. In: *Data and Knowledge Engineering*, Vol. 16, No. 3, Elsevier, Amsterdam, 1995, pp. 191-222
- [AN99] ANDERSON, J. C.; NARUS, J. A.: *Business Market Management: Understanding, Creating, and Delivering Value*, Prentice-Hall International, London, N.J, 1999
- [ARB+16] ALBERS, A.; REIB, N.; BURSAC, N.; RICHTER, T.: iPeM – Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering. 26th CIRP Design Conference, June 15-17, 2016, Stockholm, Procedia CIRP, 2016, Volume 50, pp. 100-105
- [Arm05] ARMSTRONG, J.R.: A Systems Approach to Process Infrastructure. INCOSE Symposium, Virginia, 2005
- [ARH+18] ALBERS, A; RAPP, S.; HEITGER, N.; WATTENBERG, F.; BURSAC, N.: Reference Products in PGE – Product Generation Engineering: Analyzing Challenges Based on the System Hierarchy. 28th CIRP Design Conference, May 23-25, 2018, Nantes, Procedia CIRP, Volume 70, 2018, pp. 469-474
- [AS93] AMIT, R.; SCHOEMAKER, P.J.H.: Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, Volume 14, 1993, pp. 33-46
- [Ash09] ASHTON, K.: That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*, 22 June 2009
- [ASS+07] AURICH, J.C.; SCHWEITZER, E.; SIENER, M.; FUCHS, C.: Life Cycle Management investiver PSS – Gestaltung und Realisierung investiver Produkt-Service Systeme. *wt Werkstattstechnik online*, Springer-VDI-Verlag, 2007, S. 579–585
- [ATK+18] ALBERS, A. A.; TEKAAT, B.; KÜHN; A.; DUMITRESCU, R.: Requirements Profiles as a Basis for Ideation in Product Generation Planning. *R&D Management Conference 2018*, Milan, Italy, June 30th-July 4th, 2018
- [ATK+19] ALBERS, A. A.; TEKAAT, B.; KÜHN; A.; DUMITRESCU, R.: Requirement Profiles as a Foundation for customer-centric Ideation in Business-to-Business Markets. In: *Proceedings of 29th CIRP Design 2019*, Porto, Portugal, June 8th–May 10th, 2019
- [BA86] BAKER, K.G.; ALBAUM, G.S.: Modeling New Product Screening Decisions. In: *Journal of Product Innovation Management*, Volume 3, Issue 1, 1986, pp. 32-39.
- [Bac06] BACKHAUS, K.: Vom Kundenvorteil über die Value Proposition zum KKV. *Thesis, Marketing Review St. Gallen*, Volume 23, Issue 3, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2006, S. 7–10
- [Bal04] BALÁZOVÁ, M.: Systematik zur reifegradbasierten Leistungsbewertung und -steigerung von Geschäftsprozessen im Mittelstand. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 174, Paderborn, 2004
- [Bau17] BAUMGART, I.: Requirements Engineering. In: Lindemann, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*, Hanser, München, 2017
- [BB09] BAIER, D.; BRUSCH, M.: *Conjointanalyse – Methoden - Anwendungen – Praxisbeispiele*. Springer, Dordrecht, 2009
- [BB14] BOUTELLIER, B.; BIEDERMANN, A.: Qualitätsgerechte Produktplanung. In: Pfeifer, T.; Schmitt, R. (Hrsg.): *Masing – Handbuch Qualitätsmanagement*. 5. Auflage, Carl Hanser, München, 2014
- [BBB+10] BACKHAUS, K.; BECKER, J.; BEVERUNGEN, D.; FROHS, M.; KNACKSTEDT, R.; MÜLLER, O.; STEINER, M.; WEDDELING, M.: *Vermarktung hybrider Leistungsbündel: Das ServPay-Konzept*. Berlin, Springer, 2010

- [BC00] BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B.: *Design rules: The power of modularity*. Cambridge: The MIT Press, 2000
- [BCK12] BAMBERG, G.; COENENBERG, A.G.; KRAPP, M.: *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre*. 15. Auflage, Vahlen Verlag, München, 2012
- [BEP+16] BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R.: *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. 14. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden, 2016
- [Ber72] VON BERTALANFFY, L: Vorläufer und Begründer der Systemtheorie. In: von Bertalanffy, L.; Cattell, R.B.; Dreger, W.; Ehrmann, H.W.; Fuchs-Wegner, G.; Haseloff, O.W.; Hassenstein, B.; Irle, M.; Kaplan, M.A.; Keidel, W.D.; Luhmann, N.; Meffert, M.; Menges, G., Menke-Glückert, P.; Rapoport, A.; Scheuch, E.; Senghaas, D.: *Systemtheorie. Colloquium Verlag Otto H. Hess*, Berlin, 1972, S. 17–28
- [BF03] BALDKE-SCHAUB, P.; FRANKENBERGER, E.: *Management Kritischer Situationen*, Springer Verlag, Berlin, 2003
- [BFW07a] BACKHAUS, K.; FROHS, M.; WEDDELING, M.: *Produktbegleitende Dienstleistungen zwischen Anspruch und Wirklichkeit – 10 Thesen aus einer Pilotuntersuchung bei Maschinenbau-Anbietern*. ServPay Arbeitspapier Nr. 2, Institut für Anlagen und Systemtechnologien, Münster, 2007
- [BFW07b-ol] BACKHAUS, K.; FROHS, M.; WEDDELING, M.: *ServPay – Dienstleistungsglossar*. Unter: <http://servpay.ercis.org/sites/servpay.ercis.org/files/publications/servpay-glossar/index.pdf>, 30. April 2018
- [BG75] BROWN, T. L.; GENTRY, J. W.: *Analysis of risk and risk-reduction strategies – A multiple product*. Journal of the Academy of Marketing Science, 3, 1975, S. 148–160
- [BH06] BRONNER, A.; HERR, S.: *Vereinfachte Wertanalyse*. Springer, Berlin, 2006
- [BHM+96] BAILOM, F.; HINTERHUBER, H.H.; MATZLER, K., SAUERWEIN, E.: *Das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit*. Marketing: Zeitschrift für Forschung und Praxis, Ausgabe 18, Nummer 2, Vahlen Verlag, München, 1996, S. 117–126
- [Bie87] BIERFELDER, W.: *Innovationsmanagement*. Oldenburg Verlag, München, 1987
- [Bir05] BIRCHER, M.: *Die Integrale Produktinnovation – ein Ansatz zur Unterstützung von Innovationsprojekten*. Dissertation, ETH, Zürich, Nr. 16259, 2005
- [BKR+16] BAUERNHANSL, T.; KRÜGER, J.; REINHART, G.; SCHUH; G.: *WGP-Standpunkt Industrie 4.0*. Abel, E. (Hrsg.): *Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik WGP e. V.*, Darmstadt, 2016
- [BL98] BAUMANN, K.; LANZ, H.: *Mensch-Maschine-Schnittstellen elektronischer Geräte – Leitfaden für Design und Schaltungstechnik*, Springer, Berlin, 1998
- [BLO+15] BLOCHING, B.; LEUTIGER, P.; OLTMANNS, T.; ROSSBACH, C.; SCHLICK, T.; REMANE, G.; QUICK, P.; SHAFRANYUK, O.: *Die digitale Transformation der Industrie – Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist*. Roland Berger Strategy Consultans GmbH, BDI Bundesverband der deutschen Industrie e.V., 2015
- [Bly05] BLYTHE, J.: *Essentials of Marketing*. Financial Times Prentice Hall, New York, Volume 3, 2005, pp. 250
- [BM07] BLAIR, C. S.; MUMFORD, M. D.: *Errors in Idea Evaluation: Preference for the Unoriginal?* In: *The Journal of Creative Behavior*, Jg. 41, H. 3, 2007, pp. 196-222
- [BMB13] BMBF BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG REFERAT IT-SYSTEME (Hrsg.): *Zukunftsbericht „Industrie 4.0“*, 2013
- [BOM08] BITNER, M. J.; OSTROM, A. L.; MORGAN, F. N.: *SERVICE BLUEPRINTING: A Practical Technique for Service Innovation*. California Management Review, Volume 50, Issue 3, 2008, pp. 66-94

- [BR04] BHUSHAN, N.; RAI, K.: Strategic decision making - Applying the analytic hierarchy process. Springer, London, New York, 2004
- [Bre05] BREZING, A.N.: Planung innovativer Produkte unter Nutzung von Design- und Ingenieur-dienstleistungen. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Rheinisch-Westfälische Tech-nische Hochschule Aachen, Aachen, 2005
- [Bri10] BRINK, V.: Verfahren zur Entwicklung konsistenter Produkt- und Technologiestrategien. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 280, Paderborn, 2010
- [Bro06] BROCKHAUS: Band 22. Enzyklopädie in 30 Bänden, F.A. Brockhaus, Leipzig, 2006
- [Bro08] BROWN, T.: Design thinking. Harvard Business Review, Volume 86, Issue 6, Harvard Busi-ness Publishing, Watertown, 2008, pp. 84-92
- [Bru07] BRUHN, M.: Kundenorientierung – Bausteine für ein exzellentes Customer Relationship Ma-nagement (CRM). Deutscher Taschenbuch Verlag, 3. Auflage, München, 2007
- [BS06] BULLINGER, H.; SCHEER, A.-W. (Hrsg.): Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen. Springer Verlag, Berlin, 2006
- [BU08] BETTENCOURT, L.; ULWICK, A.W.: The customer-centered innovation map. Harvard Busi-ness Review, Volume 86, Issue 5, Harvard Business Publishing, Watertown, 2008
- [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, Heidelberg, 2016
- [Bul94] BULLINGER, H.-J.: Einführung in das Technologiemanagement – Modelle, Methoden, Pra-xisbeispiele. Vieweg+Teubner Verlag, Stuttgart, 1994
- [Bur09] BURIÁNEK, F.: Vertragsgestaltung bei hybriden Leistungsangeboten – Eine ökonomische Be-trachtung. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität München, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009
- [Bur12] BURGHARDT, M.: Projektmanagement. Publicis MCD Verlag, Erlangen, 9. Auflage, 2012
- [BV14] BACKHAUS, K.; VOETH, M.: Industriegütermarketing. Vahlen Verlag, München, 10. Auflage, 2014
- [BVB16] BONNEMA, G.M.; VEENVLIET, K.T.; BROENINK, J.F.: Systems Design and Engineering – Fa-cilitating Multidisciplinary Development Projects. CRC Press, Boca Raton, 2016
- [CCH05] CHRISTENSEN, M. C.; COOK, S.; HALL, T.: Marketing Malpractice: The Cause and the Cure. Harvard Business Manager, Volume 83, Issue 12, 2005
- [CdB84] COOPER, R. G.; DE BRENTANI, U.: Criteria for Screening New Industrial Products. In: Indus-trial Marketing Management. Volume 13, Issue 3, 1984, pp. 149-156
- [CHD+16] CHRISTENSEN, C.M.; HALL, T.; DILLON, K.; DUNCAN, D.S.: Know Your Customers’ “Jobs to Be Done”. Harvard Business Review, Issue 9, Harvard Business Publishing, Watertown, 2016
- [Cla94] CLAUSIG, D.: Total Quality Development. ASME Press, New York, 1994
- [Coo01] COOPER, R.G.: Winning at New Products: Accelerating the Process from Idea to Launch. Basic Books Press, New York, Version 3, 2001
- [CRC+14] COOPER, A.; REIMANN, R.; CRONIN, D; NOESSEL, C.: The Essentials of Interaction Design. Wiley, Indianapolis, Version 4, 2014
- [Dav86] DAVIS, F.D.: A technology acceptance model for empirically testing new end-user infor-mation systems: theory and results. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology Sloan School of Management, Cambridge, 1986

- [Dav98] DAVIES, A.: *Handbook of Condition Monitoring: Techniques and Methodology*, Springer, Cardiff, 1998
- [DG07] DOLD, E.; GENTSCH, P. (Hrsg.): *Innovation möglich machen: Handbuch für effizientes Innovationsmanagement*. Symposion Publishing, Düsseldorf, 2. Auflage, 2007
- [DHJ+06] DEAN, D.L.; HENDER, J.M.; RODGERS, T.L.; SANTANEN, E.L.: Identifying Quality, Novel, and Creative Ideas: Constructs and Scales for Idea Evaluation. In: *Journal of the Association for Information Systems*, Volume 7, Issue 10, Association for Information Systems, 2006, pp. 646-698
- [Dil01] DILLER, H. (Hrsg.): *Vahlens großes Marketinglexikon*. Vahlen, München, 2. Auflage, 2001, S. 1064
- [Dis12] DISSELKAMP, M. (Hrsg.): *Innovationsmanagement*. Springer Fachmedien, Wiesbaden 2012
- [Dol03] DOLAN, R.J.: *Pricing: A Value-Based Approach*. Harvard Business School, Volume 81, Issue 11, 2003, pp. 1-10
- [Dör89] DÖRNER, D.: *Die Logik des Mißlingens – Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Rowohlt Verlag, Hamburg, 10. Auflage, 1989
- [DS85] DEBRUICKER, F.S.; SUMMER, G.L.: Customer experience: A key to marketing success. *The McKinsey Quarterly*, Volume 1, 1985, pp. 26-37
- [Dud17-ol] DUDEN ONLINE: Systematik. Unter: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Systematik>, 18. Dezember 2017
- [Dum11] DUMITRESCU, R.: Eine Entwicklungssystematik zur Integration kognitiver Funktionen in fortgeschrittene mechatronische Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 286, Paderborn, 2011
- [Ebe12] EBERHARDT, S.: Kennzahlen – Kundenperspektive im Value-based Management. In Künzel, H. (Hrsg.): *Erfolgsfaktor Kundenzufriedenheit* Handbuch für Strategie und Umsetzung. Springer, Heidelberg, 2012
- [EBG+03] EVERSHIME, W.; BREUER, T.; GRAWATSCH, M.; HILGERS, M.; KNOCHE, M.; ROSIER, C.; SCHÖNING, S.; SPIELBERG, D. E.: Methodenbeschreibung. In: Eversheim, W.: *Innovationsmanagement für technische Produkte*. Springer Verlag, Berlin, 2003, S. 133–229
- [Ech16] ECHTERHOFF, O.: Systematik zur Erarbeitung modellbasierter Entwicklungsaufträge. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 362, Paderborn, 2016
- [EGL14] ENKE, M.; GEIGENMÜLLER, A.; LEISCHNIG, A. (Ed.): *Commodity Marketing*, Springer, Wiesbaden, Volume 2, 2014
- [Ehr07] EHRENSPIEL, K.: *Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. Carl Hanser Verlag, 3. Auflage, München, 2007
- [Ehr17] EHRENSPIEL, K.: *Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. Hanser Verlag, 6. Auflage, München, 2017
- [EKL07] EHRENSPIEL, K.; KIEWERT, A.; LINDEMANN, U.: *Kostengünstig entwickeln und konstruieren – Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung*. Springer-Verlag, Heidelberg, 6. Auflage, 2007
- [EKR93] ENGELHARDT, W.H.; KLEINALTENKAMP, M.; RECKENFELDERBÄUMER, M.: Leistungsbündel als Absatzobjekte. *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 45, Handelsblatt Fachmedien, 1993, S. 394–426
- [EM13] EHRENSPIEL, K.; MEERKAMM, H.: *Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. Hanser Verlag, München & Wien, 5. Auflage, 2013

- [ES10] ECKERT, C.M.; STACEY, M.K.: What is a model? Reflections on the Epistemology of Design Process Models. In: Heisig, P.; Clarkson, P. J.; Vajna, S. (Ed.): Modelling and Management of Engineering Processes. Springer, London, 2010, pp. 3-14
- [ESS94] EVERSHIME, W.; SCHMIDT, R.; SARETZ, B.: Systematische Ableitung von Produktmerkmalen aus Marktbedürfnissen. In: io-Management Zeitschrift, 1994, S. 66–70
- [Est08] ESTEFAN, J.A.: Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies. IN-COSE MBSE Focus Group, 2008
- [Eve03]. EVERSHIME, W.: Innovationsmanagement für technische Produkte – Systematische und integrierte Produktentwicklung und Produktionsplanung. Springer, Berlin, 2003
- [Fah95] FAHRWINKEL, U.: Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering. Dissertation, Fachbereich für Maschinen-technik, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 1, Paderborn 1995
- [FG13] FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H. (Hrsg.): Pahl/Beitz Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. Springer Vieweg, Berlin, 8. Auflage, 2013
- [FMS11] FRIEDENTHAL, S.; MOORE, A.; STEINER, R.: A Practical Guide to SysML – The Systems Modeling Language. Morgan Kaufmann, Waltham, Volume 2, 2011
- [FR17] FREUND, J.; RÜCKER, B.: Praxishandbuch BPMN: Mit Einführung in CMMN und DMN, Hanser Verlag, München, 5. Auflage, 2017
- [Fra06] FRANK, U.: Spezifikationstechnik zur Beschreibung der Prinziplösung selbstoptimierender Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlags-schriftenreihe, Band 175, Paderborn, 2006
- [Fre08] FRETER, H.: Markt- und Kundensegmentierung - Kundenorientierte Markterfassung und -bearbeitung. Reihe Kohlhammer Edition Marketing, Stuttgart, 2. Auflage, 2008
- [Fre84] FREEMAN, R.E.: Strategic Management – A Stakeholder Approach. Pitman, Marshfield, 1984
- [Fuc02] FUCHS, E.: Systems Engineering. In: Böhm, R.; Fuchs, E.: System-Entwicklung in der Wirtschaftsinformatik. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich, 5. Auflage, 2002
- [FWG97] FLINT, D.J.; WOODRUFF, R.B.; GARDIAL, F.: Customer Value Change in Industrial Marketing Relationships: A Call for New Strategies and Research. In: Industrial Marketing Management. Volume 26, Issue 2, 1997, pp. 162-175
- [GAC+13] GAUSEMEIER, J.; ANACKER, H.; CZAJA, A.; WABMANN, H.; DUMITRESCU, R.: Auf dem Weg zu intelligenten technischen Systemen. In: Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Rammig, F.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): 9. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme. 18./19. April 2013, Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 310, Paderborn, 2013
- [GAD+14] GAUSEMEIER, J.; AMSHOFF, B.; DÜLME, C.; KAGE, M.: Strategische Planung von Marktleistungen im Kontext Industrie 4.0. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 20./21. November 2014, Berlin, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 334, Paderborn, 2014
- [Gau10] GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Frühzeitige Zuverlässigkeitssanalyse mechatronischer Systeme. Carl Hanser Verlag, München, 2010
- [GB12] GEISBERGER, E.; BROY, M.: agendaCPS: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems (acatech Studie). Springer Verlag, Heidelberg, 2012
- [GCW+13] GAUSEMEIER, J.; CZAJA, A.; WIEDERKEHR, O.; DUMITRESCU, R.; TSCHIRNER, C.; STEFFEN, D.: Systems Engineering in der industriellen Praxis. In: Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Rammig, F.-J.; Schäfer, W.; Trächtler, A. (Hrsg.): 9. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme. 18.–19. April 2013, Paderborn, HNI Verlagsschriftenreihe, Band 310, Paderborn, 2013

- [GDJ+14] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; JASPERNEITE, J.; KÜHN, A.; TRSEK, H.: Der Spaltencluster it's OWL auf dem Weg zu Industrie 4.0. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), Ausgabe 5, 2014, S. 336–346
- [GDE+18] 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. Hanser, München, 2. Auflage, 2018
- [GDS+13] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; STEFFEN, D.; CZAJA, A.; WIEDERKEHR, O.; TSCHIRNER, C.: Systems Engineering in der industriellen Praxis. Heinz-Nixdorf-Institut, Fraunhofer-Projektgruppe für Entwurfstechnik Mechatronik, UNITY AG, Paderborn, 2013
- [GEA16] GAUSEMEIER, J.; ECHTERFELD, J.; AMSHOFF, B.: Strategische Produkt- und Prozessplanung. In: Lindemann, U. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München, 2016, S. 9–36
- [GEK01] GAUSEMEIER, J.; EBBESMEYER, P.; KALLMEYER, F.: Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen. Carl Hanser Verlag, München, 2001
- [Ger04] GERYBADZE, A.: Technologie- und Innovationsmanagement - Strategie, Organisation und Implementierung. Verlag Vahlen, München, 2004
- [Ger05] GERPOTT, T. J.: Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, 2005
- [Ges06] GESCHKA, H.: Kreativitätstechniken und Methoden der Ideenbewertung. In: Sommerlatte, T.; Beyer, G.; Seidel, G. (Hrsg.): Innovationskultur und Ideenmanagement. Symposium, Düsseldorf, 2006, S. 217–249
- [GHH00] GIMPEL, B.; HERB, T.; HERB, R.: Ideen finden, Produkte entwickeln mit TRIZ. Carl Hanser Verlag, München, 2000
- [GKW01] GREEN, P.E.; KRIEGER, A.M.; WIND, Y.: Thirty Years of Conjoint Analysis: Reflections and Prospects. In Wind, Y.; Green, P.E. (Edit.): Marketing Research and Modeling: Progress and Prospects. International Series in Quantitative Marketing, ISQM, Volume 14, 2001, pp. 117–139
- [Gla91] GLAZER, R.: Marketing in an information-intensive environment: Strategic implications of knowledge as an asset. Journal of Marketing, 55, 1991, S. 1–19
- [GLL12] GAUSEMEIER, J.; LANZA, G.; LINDEMANN, U.: Produkte und Produktionssysteme integrativ konzipieren – Modellbildung und Analyse in der frühen Phase der Produktentstehung. Hanser Verlag, München, 2012
- [Glo14] GLOGER, B.: Wie schätzt man in agilen Projekten: - oder wieso Scrum-Projekte erfolgreicher sind. Hanser, München, 2014
- [GLR+00] GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.; WIENDAHL, H.: Kooperatives Produktengineering – Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmässigen Wirkens. HNI Verlagsschriftenreihe, Band 79, Paderborn, 2000
- [Göt07] GÖTZ, K.: Integrierte Produktentwicklung durch Value Management. Dissertation, Uni Dortmund, Fakultät für Maschinenbau, Shaker, Aachen, 2007
- [GP14] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Hanser, München, 2. Auflage, 2014
- [GR71] GREEN, P.E.; RAO, V.R.: Conjoint Measurement for Quantifying Judgmental Data. Journal of Marketing Research, Volume 8, Issue 3, American Marketing Association, Birmingham, 1971, pp. 355–363

- [GR13] GAUBINGER, K.; RABL, M.: Relaunch-Aktivitäten im Kern der Leistungspolitik. In: Pepels, W. (Hrsg.): Praxishandbuch Relaunch: Potenziale vorhandener Marken richtig ausschöpfen, Symposion Publishing, Düsseldorf, 2013
- [GRS03] GÖRZ, G.; ROLLINGER, C.-R.; SCHNEEBERGER, J.: Handbuch der künstlichen Intelligenz. Oldenbourg, München, Wien, 4., korrigierte Auflage, 2003
- [GRS14] GAUSEMEINER, J.; RAMMIG, F.; SCHÄFER, W. (Ed.): Design Methodology for Intelligent Technical Systems, Springer Verlag, Berlin, 2014
- [GTD13] GAUSEMEIER, J.; TSCHIRNER, C.; DUMITRESCU, R.: Der Weg zu Intelligenten Technischen Systemen. Industriemanagement, 29/2013, Gito, Berlin, 2013, S. 49–52
- [GTS14] GAUSEMEIER, J.; TRÄCHTLER, A.; SCHÄFER, W. (Hrsg.): Semantische Technologien im Entwurf mechatronischer Systeme – Effektiver Austausch von Lösungswissen in Branchenwert schöpfungsketten. Carl Hanser Verlag, München, 2014
- [GW11] GAUSEMEIER, J.; WIENDAHL, H.-P. (Hrsg.): Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland. acatech diskutiert, Dokumentation acatech Workshop, 14. September 2010, Hannover, Springer Verlag, Berlin, 2011
- [GYR+97] GIACCHETTI, R.E.; YOUNG, R.E.; ROGGATZ, A.; EVERSHAM, W.; PERRONE, G.: A Methodology for the Reduction of Imprecision in the Engineering Process. European Journal of Operational Research, Volume 100, Issue 2, 1997, pp. 277–292
- [GZ11] GESCHKA, H.; ZIRN, A.: Kreativitätstechniken. In: Albers S.; Gassmann, O. (Hrsg.): Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement. Gabler, Wiesbaden, 2. Auflage, 2011, S. 295–302
- [GZ14] GERRIG, R. J.; ZIMBARDO, P. G.: Psychologie. 20. Aktualisierte Auflage, Pearson Studium, Frankfurt am Main, 2014
- [Hal93] HALL, R.: A Framework Linking Intangible Resources and Capabilities to Sustainable Competitive Advantage. Strategic Management Journal, Volume 14, Issue 8, 1993, pp. 607–618
- [Hau93] HAUSCHILDT, J.: Innovationsmanagement (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften). Vahlen, München, 1993
- [Hax05] HAX, A. C.: Overcome the dangers of commoditization. Strategic Finance, 87, S. 19–20, 2005
- [Hei16] HEILMANN, L.W.: Finanzielle Nutzenrechnungen im technischen Vertrieb und Marketing – Konzeptionelle Grundlagen und Fallstudien, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016
- [HF13] HERRMANN, A.; HUBER, F.: Produktmanagement: Grundlagen - Methoden – Beispiele. Springer Gabler, Wiesbaden, 3. Auflage, 2013
- [Hip86] HIPPEL, E.v.: Lead Users. A Source of novel product concepts. Management Science, Volume 32, 1986, pp. 791–805
- [Hit07] HITCHINS; D.K.: Systems Engineering: A 21st Century Systems Methodology, John Wiley & Sons, West Sussex, 2007
- [HHK00] HERB, R.; HERB, T.; KOHNHAUSER, V.: TRIZ – der systematische Weg zur Innovation: Werkzeuge, Praxisbeispiele, Schritt-für-Schritt-Anleitungen. Verlag Moderne Industrie, Landsberg am Lech, 2000
- [HK09] HOMBURG, C.; KROHMER, H.: Marketingmanagement Strategie – Instrumente – Umsetzung – Unternehmensführung. Gabler Verlag, Wiesbaden, 3. Auflage, 2009, S. 536
- [HK13] HILBRECHT, H.; KEMPKENS, O.: Design Thinking im Unternehmen – Herausforderung mit Mehrwert. In: Keuper; F., Hamidian, K.; Verwaayen, E.; Kalinowski, T.; Kraijo, C. (Hrsg.): Digitalisierung und Innovation, Springer, Wiesbaden, 2013
- [HM08] HENNEBERG, S.C.; MOZAS, S.: Final Customers' Value in Business Networks. In: Woodside, A.; Golfetto, F.; Gibbert, M. (Ed.): Creating and Managing Superior Customer Value

- (Advances in Business Marketing and Purchasing), Volume 14, Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2008, pp. 99-127
- [HM10] HOYER, W.D.; MACINNIS, D.J.: Consumer behavior. Melbourne: South-Western. 5. Auflage, 2010
- [Hof08] HOFFMANN, H.-P.: Harmony SE: A SysML Based Systems Engineering Process. Innovation 2008, 2008
- [Höl08] HÖLZING, J.A.: Die Kano-Theorie der Kundenzufriedenheitsmessung – Eine theoretische und empirische Überprüfung. Dissertation, Universität Mannheim, Fakultät für Betriebswirtschaftslehre, Gabler, Wiesbaden, 2008
- [Hol98] HOLTZ, R. FREIHERR VOM: Der Zusammenhang zwischen Mitarbeiterzufriedenheit und Kundenzufriedenheit, FGM-Verlag, München, 1998
- [Hom16] HOMBURG, C.: Kundenzufriedenheit Konzepte - Methoden – Erfahrungen. Springer Gabler, Wiesbaden, 9. Auflage, 2016
- [Hom17] HOMBURG, C.: Marketingmanagement – Strategie - Instrumente - Umsetzung - Unternehmensführung. Gabler Verlag, Wiesbaden, 6. Auflage, 2017
- [HP95] HAMEL, P.; PRAHALAD, C.: Wettlauf um die Zukunft: Wie Sie mit bahnbrechenden Strategien die Kontrolle über Ihre Branche gewinnen und die Märkte von morgen schaffen. Wirtschaftsverlag Ueberreuter, Wien, 1995
- [HS06] HOMBURG, C.; STOCK-HOMBURG, R.: Theoretische Perspektiven zur Kundenzufriedenheit. In Homburg, C. (Hrsg.): Kundenzufriedenheit. Gabler, Wiesbaden, 6. Auflage, 2006, S. 17–51
- [HS07] HAUSCHILDT, J.; SALOMO, S.: Innovationsmanagement. Verlag Franz Vahlen, München, 4. Auflage, 2007
- [HS11] HAUSCHILDT, J.; SALOMO, S.: Innovationsmanagement. Vahlen Verlag, München, 5. Auflage, 2011
- [HSB09] HOMBURG, C.; STARITZ, M.; BINGEMER, S.: Wege aus der Commodity- Falle – Der Product Differentiation Excellence-Ansatz. Reihe Management Know-how, Arbeitspapier Nr. M112, Institut für Marktorientierte Unternehmensführung: Universität Mannheim, Mannheim, 2009
- [HSB14] HOMBURG, C.; STARITZ, M.; BINGEMER, S.: Commodity-Differenzierung – Ein branchenübergreifender Ansatz. In: Enke, M.; Geigenmüller, A.; Leischnig, A. (Hrsg.): Commodity Marketing. Springer, Wiesbaden, 3. Auflage, 2014, S. 31–56
- [HTF96] HARASHIMA, F.; TOMIZUKA, M.; FUKUDA, T.: Mechatronics – "What Is It, Why, and How?". IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Volume 1, Issue 1, IEEE, 1996, pp. 1-4
- [Hut15] HUTZSCHENREUTER, T: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Grundlagen mit zahlreichen Praxisbeispielen Taschenbuch. Springer Gabler, Berlin, 6. Auflage, 2015
- [HW98] HOMBURG, C.; WERNER, H.: Situative Determinanten relationalen Beschaffungsverhaltens. Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 50, 1998, S. 979–1009
- [HWF+12] HABERFELLNER, R.; WECK DE, O.L.; FRICKE, E.; VÖSSNER, S.: Systems Engineering – Grundlagen und Anwendung. Orell Füssli, Zürich, 13. Auflage, 2012
- [IKD+13] IWANEK, P.; KAISER, L.; DUMITRESCU, R.; NYSSEN, A.: Fachdisziplinübergreifende Systemmodellierung mechatronischer Systeme mit SysML und CONSENS. In: Maurer, M.; Schulze, S.-O. (Hrsg.): Tag des Systems Engineering: Stuttgart, 6-8. November 2013, Carl Hanser Verlag, München, 2013
- [itsowl15] IT'S OWL CLUSTermanagement GMBH: Wie die Intelligenz in die Maschine kommt. Projektübersicht des Spaltenclusters it's OWL, März 2015

- [itsowl18] IT'S OWL CLUSTermanagement GMBH: Auf Dem Weg Zu Industrie 4.0: Digitale Transformation Im Mittelstand, April 2018
- [Jak13] JAKOBY, W.: Projektmanagement für Ingenieure. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2. Auflage, 2013
- [JB81] JOHNSTON, W.J.; BONOMA, T.V.: The Buying Center: Structure and Interaction Patterns. Journal of Marketing, Volume 45, Issue 3, American Marketing Association, Birmingham, 1981, pp. 143-156
- [Jen11] JENSEN, O.: Strategische Aspekte des Preismanagements im Vertrieb. In: Homburg, C.; Wieske, C. (Hrsg.): Handbuch Vertriebsmanagement. Gabler, Wiesbaden, 2011, S. 123–140
- [JW96] JEHLE, E.; WILLEKE, M.: Value Management und Kaizen als Instrumente des Kostenmanagements. KRP Kostenrechnungspraxis, Auflage 40, Ausgabe 5, 1996, S. 255–260
- [Kai13] KAISER, L.: Rahmenwerk zur Modellierung einer plausiblen Systemstruktur mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlags-schriftenreihe, Band 327, Paderborn, 2013
- [Kal98] KALLMEYER, F.: Eine Methode zur Modellierung prinzipieller Lösungen mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI Verlags-schriftenreihe, Band 42, Paderborn, 1998
- [Kan01] KANO, N.: Life Cycle and Creation of Attractive Quality. 4. International QMOD Conference on Quality Management and Organisational Development, University of Linköping, Linköping, 2001
- [KAW+11] KOTLER, P.; ARMSTRONG, G.; WONG, V.; SAUNDERS, J.: Grundlagen des Marketings, Pearson, München, 5. Auflage, 2011
- [KB06] KOTLER, P.; BLIEMEL, F.: Marketing-Management: Analyse, Planung und Verwirklichung. Pearson Studium, München, 11. Auflage, 2006
- [KEB-ol18] KEB AUTOMATION KG: DL3 Planetengetriebe Größe A2 zweistufig. PDF-Zeichnung, <http://www.keb.de/de/motoren-getriebe/produkte>, Aufgerufen am 8.06.2018
- [Ken99] KENT, B.: Embracing change with extreme programming. Computer, Volume 32, Issue 10, IEEE, 1999, pp. 70–77
- [KGA04] KRISTENSSON, P.; GUSTAFSSON, A.; ARCHER, T.: Harnessing the Creative Potential among Users. Journal of Product Innovation Management, Volume 21, Emerald Group Publishing Limited, 2004, pp. 4–14
- [KG96] KLEINSCHMIDT, E.J.; GESCHKA, H.; COOPER, R.G.: Erfolgsfaktor Markt. Kundenorientierte Produktinnovation. Springer-Verlag, Berlin, 1996
- [KH97] KRÜGER, W.; HOMP, C.: Kernkompetenz-Management – Steigerung von Flexibilität und Schlagkraft im Wettbewerb. Gabler Verlag, Wiesbaden, 1997
- [Kir17-ol] KIRCHGEORG, M.: Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Value Added Marketing, Springer Gabler Verlag (Hrsg.). Unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/16182/value-added-marketing-v6.html>, Aufgerufen am 23.10.2017
- [KK97] KRAMER, F.; KRAMER, M.: Bausteine der Unternehmensführung – Kundenzufriedenheit und Unternehmenserfolg. Springer Verlag, Berlin, 2. Auflage, 1997
- [KO17] KELLER, B.; OTT, C.S.: Touchpoint Management – inkl. Arbeitshilfen online: Entlang der Customer Journey erfolgreich agieren, Haufe, Freiburg, 2017
- [Köb18] KÖBLER, F.: Human Centered Design – Personas, Customer Journeys und Informationsarchitektur. In: Wiesche, M; Sauer, P.; Krimmling, J.; Krcmar, H. (Ed.): Management digitaler Plattformen. Springer, Wiesbaden, 2018, S. 331–345
- [Kos62] KOSIOL, E.: Organisation der Unternehmung, Gabler Verlag, 1962

- [Kon00] KONDO, Y.: Attractive quality: its importance and the points of remark. *Total Quality Management*, Volume 11, Issue 4-6, 2000, pp. 647-651
- [Kot72] KOTLER, P.: A Generic Concept of Marketing. *Journal of Marketing*, Vol. 36, No. 2, April 1972, pp. 46–59
- [Kot97] KOTLER, P.: *Marketing management. Analysis, planning, implementation, and control*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, Version 9, 1997
- [KP00] KLEINALTENKAMP, M.; PLINKE, W.: *Technischer Vertrieb: Grundlagen des Business-to-Business Marketing*. Springer, Berlin, 2. Auflage, 2000
- [Kra07] KRAFFT, M.: *Kundenbindung und Kundenwert*. Physica-Verlag, Heidelberg, 2. Auflage, 2007
- [Kra-ol18] KRAUSE-BIAGOSCH GMBH: Krause LS Jet, <http://www.krause.de/index.php?id=313&L=1>, Aufgerufen am 10.06.2018
- [KSS+11] KOSSIAKOFF, A.; SWEET, W.N.; SEYMOUR, S.; BIEMER, S.M.: *Systems Engineering Principles and Practice*. Wiley Verlag, New Jersey, USA, Volume 2, 2011
- [KST+84] KANO, N.; SERAKU, N.; TAKAHASHI, F.; TSUJI, S.: Attractive Quality and Must Be Quality. *The Journal of the Japanese Society for Quality Control*, Volume 14, 1984, pp. 165-186
- [KZ13] KUHN, M.; ZAJONT, Y.: Industriegüter-Relaunch: Charakteristika und Maßnahmen. In: Peppels, W. (Hrsg.): *Praxishandbuch Relaunch: Potenziale vorhandener Marken richtig aus schöpfen*, Symposion Publishing, Düsseldorf, 2013
- [Küh03] KÜHN, A.: Systematik des Ideenmanagements im Produktentstehungsprozess. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 130, Paderborn, 2003
- [Küh16] KÜHN, A.: Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Paderborn, 2016
- [LA10] LOMBRISER, R.; ABPLANALP, P.A.: *Strategisches Management – Visionen entwickeln, Erfolgspotenziale aufbauen, Strategien umsetzen*. Versus Verlag, Zürich, 5. Auflage, 2010
- [LD81] LAMBKIN, M.; DAY, G. S.: Evolutionary processes in competitive markets: Beyond the product life cycle. *Journal of Marketing*, 53, 1981, S. 4–20
- [Lev80] LEVITT, T.: Marketing success through differentiation – of anything. *Harvard Business Review*, Volume 58, Issue 1, 1980, pp. 83–91
- [Lin09] LINDEMANN, U.: *Methodische Entwicklung technischer Produkte – Methoden flexible und situationsgerecht anwenden*. Springer Verlag, Berlin, 3. Auflage, 2009
- [Lin17] LINDEMANN, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*, Hanser, München, 2017
- [LJ02] LAY, G.; JUNG ERCEG, P. (Hrsg.): *Produktbegleitende Dienstleistungen – Konzepte und Beispiele erfolgreicher Strategieentwicklung*. Springer Verlag, Berlin, 2002
- [LL05] LAUX, H.; LIERMANN, F.: *Grundlagen der Organisation. Die Steuerung von Entscheidungen als Grundproblem der Betriebswirtschaftslehre*. Springer, Berlin, 2005
- [LL90] LOCKE, E.A.; LATHAM, G.P.: *A theory of goal setting & task performance*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990
- [LLW16] LUFT, T.; LE CARDIAL, J.; WARTZACK, S.: Methoden der Entscheidungsfindung. In: Linde-mann, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*, Hanser, München, 2016
- [LSO06] LINHARES, M.; SILVA, A.; OLIVEIRA, R.: Empirical Evaluation of SysML through the Modeling of an Industrial Automation Unit. 11th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Prague, 20–22 September, 2006, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, 2006

- [LT64] LUCE, R.D.; TUKEY, J.W.: Simultaneous conjoint measurement. *Journal of Mathematical Psychology*. Volume 1, Issue 1, Elsevier Inc., 1964, pp. 1-27
- [LV16] LEMON, K.N.; VERHOEF, P.C.: Understanding Customer Experience throughout the Customer Journey. *Journal of Marketing*, Volume 80, Issue 6, 2016, pp. 69-96
- [LW14] LUFT, T.; WARTZACK, S.: Klassifikation und Handhabung von Unsicherheiten zur entwicklungsbegleitenden Erfassung des Produktreifegrades. In: Stelzer, R. (Hrsg.): Tagungsband Entwurf – Entwickeln – Erleben 2014, TUDpress, Dresden, 2014
- [MAM98] MEZHER, T.; ABDUL-MALAK, M.A.; MAAROUT, B.: Embedding Critics in Decision-Making Environments to Reduce Human Errors. *Knowledge-Based Systems*, Volume 11, Issues 3-4, 1998, pp. 229-237
- [Man95] MANKINS, J.C.: Technology Readiness Levels – A White Paper. Advanced Concepts Office, Office of Space Access and Technology (NASA), Washington D.C., 1995
- [Mar17-ol] MARKGRAF, D.: Gabler Wirtschaftslexikon – Stichwort: Produktlebenszyklus. Unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/produktlebenszyklus.html#definition>, Abgerufen am 17. September 2017.
- [Mar95] MARTINO, J.P.: Research and development project selection (Wiley series in engineering & technology management). Wiley, New York, 1995
- [Mat00] MATZLER, K.: Die Opponent-Prozess-Theorie als Erklärungsansatz einer Mehr-Faktor-Struktur der Kundenzufriedenheit. *Marketing ZFP*, Jahrgang 22, Ausgabe 1, Vahlen, 2000, S. 5–24
- [Mat84] MATHUR, S.S.: Competitive industrial marketing strategies. *Long Range Planning*, Volume 17, Issue 4, 1984, pp. 102-109.
- [MB67] MILES, L.D.; BÖHM, H.H.: Value engineering: Wertanalyse, die praktische Methode zur Kostensenkung. Verlag Moderne Industrie, München, 2. Auflage, 1967
- [MCH03] MALONE, T.W.; CROWSTON, K.; HERMAN, G.A. (Ed.): *Organizing Business Knowledge - The MIT Process Handbook*. The MIT Press, Cambridge, 2003
- [Min01] MINDER, S.: Wissensmanagement in KMU – Beitrag zur Ideengenerierung im Innovationsprozess. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität St. Gallen, Verlag HSG, St. Gallen, 2001
- [MKS+09] MÜLLER, O.; KEBIR, N.; STARK, R.; BLESSING, L.: PSS Layer Method – Application Micro-energy Systems. In: Sakao, T.; Lindahl, M. (Edit.): *Introduction to Product/Service-System Design*. Springer, London, 2009, pp. 3-30
- [Mon03] MONROE, K.B.: Pricing: Making Profitable Decisions. McGraw-Hill Book Company, Boston, Version 3, 2003
- [MRT15] MADAKAM, S.; RAMASWAMY, R.; TRIPATHI, S.: Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, Volume 3, 2015, pp. 164-173
- [MSB97] MALORNY, C.; SCHWARZ, W.; BACKERRA, H.: Die sieben Kreativitätswerkzeuge K7. Kreative Prozesse anstoßen, Innovationen fördern. Carl Hanser Verlag, München, 1997
- [MV08] MATTHYSSENS, P.; VANDENBEMPT, K.: Moving from Basic Offerings to Value-Added Solutions: Strategies, Barriers and Alignment. *Industrial Marketing Management*, Volume 37, Issue 3, 2008, pp. 316-328
- [NDH94] NIESCHLAG, R.; DICHTL, E.; HÖRSCHGEN, H.: *Marketing*. Duncker & Humblot, Berlin, 17. Auflage, 1994
- [Neg06] NEGELE, H.: Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten Produktentwicklung. Herbert Utz Verlag, München, 2. Auflage, 2006

- [NGL+06] NESLIN, S. A.; GREWAL, D.; LEGHORN, R.; SHANKAR, V.; TEERLING, M. L.; THOMAS, J. S.; VERHOEF, P.C.: Challenges and Opportunities in Multichannel Customer Management. *Journal of Service Research*, Volume 9, Issue 2, 2006, pp. 95-111
- [NS88] NÜTTEN, I.; SAUERMANN, P.: Die anonymen Kreativen – Instrumente einer innovationsorientierten Unternehmenskultur. FAZ/Gabler, Frankfurt am Main, 1988
- [Nor16] NORTH, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen. Gabler Verlag, Wiesbaden, 6. Auflage, 2016
- [OMG11] OBJECT MANAGEMENT GROUP (Ed.): Business Process Model and Notation Specification. Version 2.0, 2011
- [OMG17] OBJECT MANAGEMENT GROUP (Ed.): OMG Systems Modeling Language. Version 1.5, 2017
- [OPB+15] OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; BERNARDA, G.; SMITH, A.: Value Proposition Design – How to Create Products and Services Customers Want. John Wiley & Sons, Hoboken, 2015
- [OS13] OBERMEIER, R.; SALIGER, E.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. Einführung in die Logik individueller und kollektiver Entscheidungen. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, 6. Auflage, 2013
- [Osb63] OSBORN, A.F.: Applied imagination: Principles and procedures of creative problem solving. Charles Scribner's Sons, New York, Version 3, 1963
- [PAB01] POH, K.L.; ANG, B. W.; BAI, F.: A comparative analysis of R&D project evaluation methods. *R&D Management*, Version 31, Issue 1, 2001, pp. 63-75
- [Pat09] PATTON, J.: Telling better user stories. Mapping the path to success. Better software, 2009, pp. 24–29
- [Pat14] PATTON, J.: User Story Mapping. O'Reiley Media, Sebastopol, 2014
- [Pat82] PATZAK, G.: Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1982
- [PBF+13] PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H. (Hrsg.): Konstruktionslehre – Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung – Methoden und Anwendung. Springer Verlag, Berlin, 7. Auflage, 2013
- [PDK+11] PAIGE, R.F.; DRIVALOS, N.; KOLOVOS, D.S.; FERNANDES, K.J.; POWER, C.; OLSEN, G.K.; ZSCHALER, S.: Rigorous identification and encoding of trace-links in model-driven engineering. *Software & Systems Modelling*, Version 10, Issue 4, Springer Verlag, 2011, pp. 469-487
- [Pei15] PEITZ, C.: Systematik zur Entwicklung einer produktlebenszyklusorientierten Geschäftsmodell-Roadmap. Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 337, Paderborn, 2015
- [Pep09] PEPELS, W.: B2B-Handbuch Operations-Management: Industriegüter erfolgreich vermarkten. Symposion, Düsseldorf, 2. Auflage, 2009
- [PFV14] PÖTTER, T.; FOLMER, J.; VOGEL-HEUSER, B.: Enabling Industrie 4.0 – Chancen und Nutzen für die Prozessindustrie. In: Bauernhansl, T.; Ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2014, S. 159–171
- [PH12] PEARCE, P.; HAUSE M.: ISO-15288, OOSEM and Model-Based Submarine Design. Deep Blue Tech Pty, Osborne, 2012
- [PL11] PONN, J.; LINDEMANN, U.: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte – Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltlösungen. Springer Verlag, Berlin, 2. Auflage, 2011

- [PML16] PLATTNER, H.; MEINEL C.; LARRY, L.: *Design Thinking – Taking Breakthrough Innovation Home*. Springer International Publishing, Switzerland, 2016
- [PMW09] PLATTNER, H.; MEINEL, C.; WEINBERG, U.: *Design Thinking. Innovation lernen, Ideenwelten öffnen*. mi-Wirtschaftsbuch, München, 2009
- [Por80] PORTER, M.E.: *Competitive Strategy: Techniques for analyzing industries and competitors: with a new introduction*. The Free Press, New York, 1980
- [Por99] PORTER, M.E.: *Wettbewerbsstrategie – Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten*. Campus Verlag, Frankfurt am Main, New York, 10. Auflage, 1999
- [PPB+17] PEGLOW, N.; POWELSKE, J.; BIRK, C.; ALBERS, A.; BURSAC, N.: Systematik zur Differenzierung von Varianten im Kontext der Produktgenerationsentwicklung. In: Köhler, P.; Brökel, K.; Scharr, G.; Grote, K-H.; Stelzer, R. H.; Rieg, F.; Feldhusen, J.; Müller, N.; Lohrengel, A.: *15. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, DuEPublico, Duisburg*, 2017
- [PRR12] PROBST, G.; RAUB, S.; ROMHARDT, K.: *Wissen managen – Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. Gabler Verlag, Wiesbaden, 7. Auflage, 2012
- [PS96] PLESCHAK, F.; SABISCH, H.: *Innovationsmanagement*. UTB, Stuttgart, 1996
- [Rai03] RAINFURTH, C.: Der Einfluss der Organisationsgestaltung produktbegleitender Dienstleistungen auf die Arbeitswelt der Dienstleistungsakteure – Am Beispiel der KMU des Maschinenbaus. Dissertation, Fachbereich Gesellschafts- und Geschichtswissenschaften, Technische Universität Darmstadt, 2003
- [RFB12] RAMOS, A.; FERREIRA, J.; BARCELO, J.: Model-Based Systems Engineering – An Emerging Approach for Modern Systems. *Proceedings of IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 2012, pp. 101-111
- [RFW67] ROBINSON, P.J.; FARIS, C.W.; WIND, J.: *Industrial buying and creative marketing (Marketing Science Institute. Series of books)*. Allyn & Bacon, 1967
- [Rob16] ROBIER, J.: *Das einfache und emotionale Käuferlebnis – Mit Usability, User Experience und Customer Experience anspruchsvolle Kunden gewinnen*, Springer, Wiesbaden, 2016
- [Rop09] ROPOHL, G.: *Allgemeine Technologie – Eine Systemtheorie der Technik*. Universitätsverlag, Karlsruhe, 3. Auflage, 2009
- [Ros07] ROSENSTIEL, L.v.: *Grundlagen der Organisationspsychologie*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 6. Auflage, 2007
- [Röt80] RÖTTGEN, W.A.: *Produktvariation als Marketing-Strategie zur Erhaltung des Angebotserfolges*. Produkt-Marketing, Köln, 1980
- [Roy05] ROY, B.: Paradigms and Challenges. In: Figueira, J.; Greco, S.; Ehrgott, M. (Ed.): *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, 2005, pp. 3-24
- [Roy93] ROY, B.: Decision science or decision-aid science? *European Journal of Operational Research*, Volume 77, Issue 2, Association of European Operational Research Societies, Elsevier, 1993, pp. 184-203
- [RST10] REIMANN, M.; SCHILKE, O.; THOMAS, J. S.: Toward an understanding of industry commodification: Its nature and role in evolving marketing competition. *International Journal of Research in Marketing*, Volume 27, Issue 2, 2010, pp. 188-197.
- [Saa80] SAATY, T.L.: *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York, 1980
- [Saa86] SAATY, T.L.: Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, Volume 32, Issue 7, Institute of Management Science, 1986, pp. 841-855
- [Saa90] SAATY, T.L.: How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, Volume 48, Issue 1, Elsevier, North-Holland, 1990, pp. 9-26

- [Saa01] SAATY, T.L.: *Decision Making for Leaders – The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*, Pittsburgh, 2001
- [Saa08] SAATY, T.L.: Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, Volume 1, Inderscience, 2008, pp. 83-98
- [Saa16] SAATWEBER, J.: Produkte entwickeln mit QFD – Quality Function Deployment. In: Lindemann, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*, Hanser, München, 2016
- [San74] SANDIG, C.: Bedarf, Bedarfsforschung. In: Tietz, B. (Hrsg.): *Handwörterbuch der Absatzwirtschaft*. Stuttgart, Poeschel, 1974
- [Sab91] SABISCH, H.: *Produktinnovation*. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1991
- [SB12] SCHUH, G.; BENDER, D.: Strategisches Innovationsmanagement. In: Schuh, G. (Hrsg.): *Innovationsmanagement Handbuch Produktion und Management 3*, Springer Verlag, Berlin, 2012
- [SBH+13] SCHENKL, S. A.; BEHNCKE, F. G. H.; HEPPERLE, C.; LANGER, S.; LINDEMANN, U.: Managing Cycles of Innovation Processes of Product-Service Systems. In: *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)*. 2013, Manchester, 2013, S. 918–923
- [Sch10] SCHENK, M.: *Instandhaltung technischer Systeme – Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010
- [Sch12] SCHUH, G. (Hrsg.): *Innovationsmanagement: Handbuch Produktion und Management*. Springer Vieweg Verlag, Berlin, 2. Auflage, 2012
- [Sch13] SCHUH, G.: *Lean Innovation*. Springer Verlag, Berlin, 2013
- [Sch15] SCHENKL, S.A.: Wissensorientierte Entwicklung von Produkt-Service-Systemen. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, Technische Universität München, 2015
- [Sch17a] SCHALLMO, D.: *Design Thinking erfolgreich anwenden: So entwickeln Sie in 7 Phasen kundenorientierte Produkte und Dienstleistungen*. Springer, Wiesbaden, 2017
- [Sch17b] SCHEWE, G.: Gabler Wirtschaftslexikon – Stichwort: Aufgabe. Unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/aufgabe-30139>, 23. November 2017
- [Sch39] SCHUMPETER, J. A.: *Business Cycles – A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. Martino Pub, New York, London, 1939
- [Sch61] SCHUMPETER, J.A.: *Konjunkturzyklen. Eine theoretische, historische und statistische Analyse des kapitalistischen Prozesses*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 1961
- [Sch97] SCHEER, A.W.: *Wirtschaftsinformatik – Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse*. Springer, Berlin, 7. Auflage, 1997
- [SD03] SPATH, D.; DEMÜB, L.: Entwicklung hybrider Produkte – Gestaltung materieller und immaterieller Leistungsbündel. In: Bullinger, H.-J.; Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Service Engineering – Entwicklung und Gestaltung innovativer Dienstleistungen*. Springer, Berlin, 2003, S. 469–506
- [SEK98] SPITZER, Q.; EVANS, R.; KEPNER-TREGOE, R.: Denken macht den Unterschied. Wie die besten Unternehmen Probleme lösen und Entscheidungen treffen. Campus Verlag, Frankfurt am Main, 1998
- [SFB614-ol] SONDERFORSCHUNGSBEREICH (SFB) 614: *Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus*. Unter: <http://www.sfb614.de>, 21. Mai 2016
- [SFP+09] SCHAMAI, W.; FRITZSON, P.; PAREDES, C.; POP, A.: Towards Unified System Modeling and Simulation with ModelicaML: Modeling of Executable Behavior Using Graphical Notations. *Proceedings of the 7th Modelica Conference*, 20-22 September 2009, Como, Linköping University Electronic Press, Linköping, 2009

- [SG08] SCHUH, G.; GEORGI, L.: Kundenorientierte Konfiguration von Leistungsbündeln. In: Keuper, F.; Hogensurz, B. (Hrsg.): Sales & Service: Management, Marketing, Promotion und Performance. Gabler, Wiesbaden, 2008, S. 61–91
- [SH97] SIMON, H.; HOMBURG, D.: Kundenzufriedenheit: Konzepte – Methoden – Erfahrungen. 2. Auflage, Springer, Wiesbaden, 1997
- [Sha99] SHARMA, A.: Central Dilemmas of Managing Innovation in Large Firms. In: California Management Review, Volume 41, Issue 3, Universty of California, Berkeley, 1999, pp. 146-164
- [She74] SHETH, J.N.: A Field Study of Attitude Structure and the Attitude-Behavior Relationship. In: Sheth, J.N. (Ed.): Models of Buyer Behavior: Conceptual, Quantitative, and Emperical. Harper and Row, New York, 1974, pp. 242-268
- [Sim96] SIMON, H.A.: The sciences of the artificial. The MIT Press, Massachusetts, 3. Volume, 1996
- [SM02] SPECHT, D.; MÖHRLE, M.G.: Gabler Lexikon Technologie Management – Management von Innovationen und neuen Technologien im Unternehme. Gabler Verlag, Wiesbaden, 2002
- [SM12] STARK, R.; MÜLLER, P.: HLB-Entwicklungsmethodik - generischer Entwicklungsprozess, Generierung von Anforderungen und Absicherung hybrider Leistungsbündel. In: Meier, H.; Uhlmann, E. (Hrsg.): Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen – Vermarktung, Entwicklung und Erbringung hybrider Leistungsbündel. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, S. 37–60
- [SN05] SMITH, G.E.; NAGLE, T.T.: A Question of Value. Marketing Management, Volume 14, Issue 4, 2005, pp. 38-45
- [SO13] STANKO, M.A., OLLEROS, X.: Industry growth and the knowledge spillover regime: Does outsourcing harm innovativeness but help profit? Journal of Business Research, Volume 66, Elsevier, 2013
- [Söd02] SÖDERLUND, M.: Customer familiarity and its effects on satisfaction and behavioral intentions. Psychology & Marketing, 19, 2002, S. 861–879
- [Spr18-ol] SPRINGER GABLER VERLAG (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon – Stichwort: ROI. Unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/roi.html>, 18. Juni 2018
- [SR09] SAGE, P.A.; ROUSE, W.B.: Handbook of Systems Engineering and Management. Wiley Verlag, New York, 2. Volume, 2009
- [SS10] SCHMELZER, H. J.; SESSELMANN, W.: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 7. Auflage, 2010
- [SSA+08] SEITER, M.; SCHWAB, C; AHLERT, D.; HEUßLER, T.; MICHAELIS, M.: Nutzenmessung von produktbegleitenden Dienstleistungen im Industriegüter-Pricing: erste empirische Ergebnisse. Proceedings of the 1st Rostock Conference on Service Research, Rostock, 2008, S. 1–27
- [Sta73] STACHOWIAK, H.: Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien, 1973
- [Sta99] STAUSS, B.: Kundenzufriedenheit. Marketing ZFP, Ausgabe 21, Nummer 1, 1999, S. 5–24
- [Ste62] STEWARD, D.: On an Approach to the Analysis of the Structure of Large Systems of Equations. SIAM Review, Volume 5, Issue 4, 1962, pp. 321–342
- [Ste81] STEWARD, D.: The Design Structure System: A Method for Managing the Design of Complex Systems. IEEE Transaction on Engineering Management, Volume 28, Issue 3, 1981, pp. 79-83
- [Sto09] STOLL, K.: Planung und Konzipierung von Marktleistungen. Dissertation, Heinz-Nixdorf Institut, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 271, 2009
- [Str96] STRUBE, G. (Hrsg.): Wörterbuch der Kognitionswissenschaft. Klett-Cotta, Stuttgart, 1996

- [Sup11-ol] SUPPLY-CHAIN COUNCIL INC.: Supply Chain Operations Reference Model (SCOR). 2011, Unter: www.supply-chain.org, 12.08.2017
- [SWB+17] SPATH, D.; WESTKÄMPER, E.; BULLINGER, H.-J.; WARNECKE, H.-J.: Neue Entwicklungen in der Unternehmensorganisation. Springer Verlag, Berlin, 2017
- [SZ96] SCHRÖDER, H.-H.; ZENZ, A.: QFD (Quality Function Deployment). In: Kern, W.; Schröder, H.-H.; Weber, J. (Hrsg.): Handbuch der Produktionswirtschaft, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1996, S. 1697–1711.
- [Tsc98] TSCHIRKY, H.: Konzept und Aufgaben des integrierten Technologie-Managements. In: Tschirky, H.; Koruna, S. (Hrsg.): Technologie-Management – Idee und Praxis. Verlag Industrielle Organisation, Zürich, 1998
- [Tsc16] TSCHIRNER, C.: Rahmenwerk zur Integration des modellbasierten Systems Engineering in die Produktentstehung mechatronischer Systeme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Paderborn, 2016
- [TW18] THOMMEN J.-P; WOLL, A: Gabler Wirtschaftslexikon – Stichwort: Hypothese. Unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/hypothese-34232>, 23. Mai 2018
- [UB82] UDELL, G.G.; BAKER, K.G.: Evaluating New Product Ideas. Systematically. *Technovation*, Ausgabe 1, Nummer 3, Elsevier, 1982, S. 191–202
- [UC01] ULAGA, W.; CHACOUR, S.: Measuring Customer-Perceived Value in Business Markets: A Prerequisite for Marketing Strategy Development and Implementation. *Industrial Marketing Management*, Volume 30, Issue 6, 2001, pp. 525–540
- [UE08] ULAGA, W.; EGGERT, A.: Linking Customer Value to Customer Share in Business Relationships. In: Woodside, A.G.; Golfetto, F.; Gibbert, M. (Ed.): *Creating and Managing Superior Customer Value (Advances in Business Marketing and Purchasing)*. Emerald Group Publishing Limited, Bingley, 2008, pp. 221–247
- [UE99] ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D.: *Product Design and Development*. McGraw-Hill, New York, Volume 2, 1999
- [Ul95] ULRICH, K.: The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research policy*, Volume 24, Issue 3, 1995, pp. 419–440
- [Ul02] ULWICK, A.W.: Turn Customer Input into Innovation. *Harvard Business Review*, Volume 80, Issue 1, Harvard Business Publishing, 2002, pp. 91–97
- [Ul16] ULWICK, A.W.: *Jobs to be Done: Theory to Practice*. Idea Bite Press, USA, 2016
- [UP95] ULRICH, H.; PROBST, G.J.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln – Ein Brevier für Führungskräfte. Paul Haupt, Bern, 4. Auflage, 1995
- [Van07] VAN HUSEN, C.: Anforderungsanalyse für produktbegleitende Dienstleistungen. Dissertation, Fakultät Maschinenbau, Universität Stuttgart, Jost Jetter Verlag, Heimsheim, 2007
- [VB05] VAHS, D.; BURMESTER, R.: Innovationsmanagement: Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 3. Auflage, 2005
- [VB15] VAHS, D.; BREM, A.: Innovationsmanagement – Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 4. Auflage, 2013
- [VDI11] VDI-GESELLSCHAFT PRODUKT- UND PROZESSGESTALTUNG (Hrsg.): Wertanalyse – das Tool im Value Management. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 6. Auflage, 2011
- [VDI95] VDI GSP (VDI-GESELLSCHAFT SYSTEMENTWICKLUNG UND PROJEKTGESTALTUNG): Wertanalyse. Idee – Methode – System. VDI Springer Verlag, Düsseldorf, 5. Auflage, 1995
- [VDMA14] VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU; MCKINSEY & COMPANY (Hrsg.): Zukunftsperspektive deutscher Maschinenbau – Erfolgreich in einem dynamischen Umfeld agieren. VDMA, Frankfurt am Main, 2014

- [VDMA17] VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU VDMA: Statistisches Handbuch für den Maschinenbau, VDMA Verlag GmbH, Frankfurt, 2017
- [VDMA18] VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU VDMA: Maschinenbau in Zahl und Bild 2018, VDMA Verlag GmbH, Frankfurt, 2018
- [Ver98] VERYZER, R.W.JR.: Key Factors Affecting Customer Evaluation of Discontinuous New Products. *Journal of Product Innovation Management*, Volume 15, Issue 2, 1998, pp. 136-150
- [Ves02] VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Ein Bericht an den Club of Rome. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 2002
- [Wal15] WALL, M: Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung, Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Paderborn, 2015
- [WC92] WEEWLWRIGHT, S.C.; CLARK, K. B.: Revolutionizing Product Development – Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality. The Free Press, New York, 1992
- [Wei08] WEILKIENS, T.: Systems Engineering mit SysML/UML – Modellierung, Analyse, Design. Dpunkt-Verlag, Heidelberg, 2. Auflage, 2008
- [Wei14] WEILKIENS, T.: Systems Engineering mit SysML/UML: Anforderungen, Analyse, Architektur. Dpunkt Verlag, Heidelberg, 3. Auflage, 2014
- [Wie48] WIENER, N.: Cybernetics – Or Control and Communication in the Animal and the Machine. (Hermann & Cie) & Camb. Mass. (MIT Press), Paris, 1948
- [Wig17] WIGGER, T.: Effizienzsteigerung im Produktentwicklungsprozess durch die kombinierte Anwendung von Wertanalyse und TRIZ. Dissertation, Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät, Universität Siegen, Verlag Dr. Hut, München, 2017
- [Win11] WINTER, R.: Business Engineering Navigator – Gestaltung und Analyse von Geschäftslösungen "Business-to-IT". Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011
- [Win14] WINTER, S.: Management von Lieferanteninnovationen – Eine gestaltungsorientierte Untersuchung über das Einbringen und die Bewertung. Dissertation, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität Dresden, Springer Gabler, Wiesbaden, 2014
- [Wle01] WLEKLINSKI, C.: Methode zur Effektivitäts- und Effizienzbewertung der Entwicklung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 100, Paderborn, 2001
- [Wöh13] WÖHE, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Vahlen, München, 25. Auflage, 2013
- [Woo97] WOODRUFF, R.B.: Customer value: The next source for competitive advantage. *Journal of the Academy of Marketing Science*, Volume 25, Issue 2, Springer, US, 1997, pp. 139–153
- [WRG01] WALTER, A.; RITTER, T.; GEMÜNDEN, H.G.: Value Creation in Buyer-Seller Relationships: Theoretical Considerations and Empirical Results from a Supplier's Perspective. *Industrial Marketing Management*, European Association for Industrial Marketing Research, Elsevier, Volume 30, Issue 4, 2001, pp. 365-377
- [WW72] WEBSTER, F.E.; WIND, Y.: A General Model for Understanding Organizational Buying Behavior. *Journal of Marketing*. Volume 36, Issue 2, American Marketing Association, 1972, pp. 12-19
- [Zah95] ZAHN, E.: Handbuch Technologiemanagement. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 1995
- [Zan70] ZANGEMEISTER, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Dissertation, Fakultät für Maschinenwesen, TU Berlin, Berlin, 1970
- [ZG04] ZIMBARDO, P. G.; GERRIG, R. J.: Psychologie. Pearson Studium, München, 2004

Normen und Richtlinien

- [DIN1325] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: Value Management – Wörterbuch – Begriffe. Beuth Verlag, Berlin, 2014
- [DIN25424] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: Fehlerbaumanalyse. Beuth Verlag, Berlin, 1981
- [DIN60812] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen – Verfahren für die Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA). Beuth Verlag, Berlin, 2006
- [DIN69901] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 2: Prozesse, Prozessmodell. Beuth Verlag, Berlin, 2009
- [ISO/IEC19510] INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR NORMUNG UND INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION: Information technology – Object Management Group Business Process Model and Notation, 2013
- [ISO19505-1] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION: Information technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML), Infrastructure. ISO copyright office, Geneva, 2012
- [ISO19505-2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION: Information technology – Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure. ISO copyright office, Geneva, 2012
- [ISO25010] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), 2011
- [ISO42010] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: Systems and software engineering – Architecture description, 2011
- [NASA/SP-6105] NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA): Systems Engineering Handbook. Washington, 2007
- [PAS1094] PUBLIC AVAILABLE SPECIFICATION: Hybride Wertschöpfung – Integration von Sach- und Dienstleistung. Beuth, Düsseldorf, 2009
- [VDI2800] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE: Richtlinie VDI 2800 Wertanalyse. Beuth Verlag, Düsseldorf, 2010
- [VDI2206] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE: Richtlinie VDI 2206 Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Beuth Verlag, Berlin, 2004
- [VDI2220] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE: Richtlinie VDI 2220 Produktplanung – Ablauf, Begriffe und Organisation. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1980

Anhang

A1	Ergänzung zum Stand der Technik	A-1
A1.1	Anforderungsprofil nach Brink	A-1
A1.2	Paarweiser Vergleich.....	A-1
A1.3	Überblick über Kreativitätstechniken	A-2
A2	Ergänzung zur Systematik.....	A-3
A2.1	Eigenschaftsideen-Steckbrief	A-3
A2.2	Vorgehen zur nachträglichen Spezifikation eines Systemmodells eines Referenzprodukts.....	A-4
A2.1	Bewertungsmaßstab zur Bewertung der Auftrittswahrscheinlichkeit eines Problems.....	A-5
A2.2	Service-Katalog	A-6

A1 Ergänzung zum Stand der Technik

A1.1 Anforderungsprofil nach Brink

Zur Erstellung von kundensegmentspezifischen Anforderungsprofilen stellt BRINK ein Vorgehen vor. In diesem werden Anforderungsprofile auf Basis von Anforderungslisten und Kundenbefragungen erstellt. Hierfür werden Kunden der verschiedenen Kundensegmente in Bezug auf die Bedeutung der einzelnen Kundenbedürfnisse bzw. Kundenanforderungen befragt. Die Einschätzung der Bedeutung erfolgt auf einer fünfstufigen Skala von weniger wichtig (--) bis wichtig (++). Die Befragungsergebnisse der einzelnen Kunden werden je Anforderung arithmetisch gemittelt und im Kundensegment zusammengefasst. Für jedes Kundensegment resultiert ein charakteristischer Pfad durch eine Anforderungsliste (siehe Bild A-1) [Bri10, S. 117ff.].

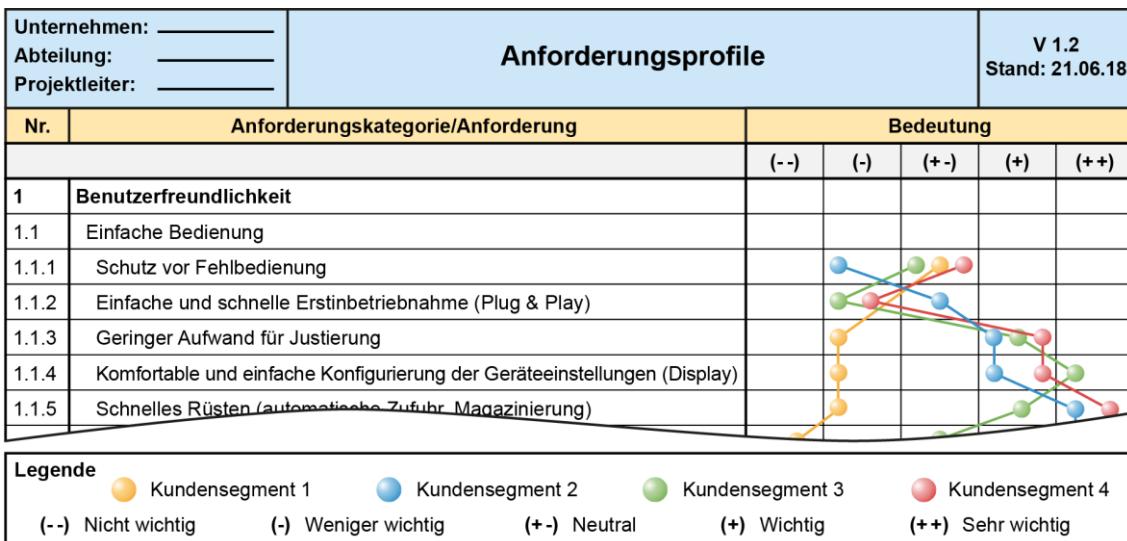


Bild A-1: Anforderungsprofil nach Brink (angelehnt an [Bri10, S. 122])

A1.2 Paarweiser Vergleich

Der paarweise Vergleich ist eine universell einsetzbare und einfach durchzuführende Bewertungsmethode, bei der jeweils zwei Alternativen paarweise miteinander verglichen werden [FG13, S. 388]. Im paarweisen Vergleich werden zu bewertende Ideen als Ganzes bewertet; Teilaspekte von Ideen werden dabei nicht isoliert betrachtet [Ges06, S. 236]. Vor der Durchführung des Vergleichs werden die zu bewertenden Alternativen zusammengetragen und anschließend in die Spalten und Zeilen einer Matrix eingetragen. Es wird geprüft, welche Idee im direkten Vergleich als besser eingestuft wird. Dabei steht die Beantwortung der Frage im Vordergrund: „Ist die Idee i in der Zeile besser als die Idee j in der Spalte?“ Da es sich um eine symmetrische Matrix handelt, muss bei der Bewertung nur eine Richtung bewertet werden; die zweite Richtung wird automatisch mit

der Invertierung der ersten Bewertung erstellt. Bei einer Anzahl von N Ideen müssen $N(N-1)/2$ Vergleiche durchgeführt werden. Im Vergleich ist die jeweils bessere Alternative zu identifizieren. Die Fragestellung kann auch erweitert werden, um abzubilden, um wie viel besser eine Alternative ist. Neben dem direkten Vergleich von Alternativen ist auch eine Punktbewertung anhand von vorgegebenen Bewertungskriterien möglich. Werden M Bewertungskriterien bewertet, so erhöht sich die Anzahl der durchzuführenden Bewertungen auf $M*N(N-1)/2$ [Mar95, S. 7f.].

Nach der Bewertung der Ideen wird eine Rangfolge gebildet [Ges06, S. 238]. Zur Erstellung einer Rangfolge eignet sich bspw. eine Relevanzmatrix, mit der die Relevanzsumme nach dem vollständigen Vergleich betrachtet werden kann [GP14, S. 53f.].

Fazit: Der paarweise Vergleich zur ganzheitlichen Bewertung unterstützt die schnelle Bewertung und Priorisierung von Ideen. Die Methode ist sehr einfach zu verstehen und durchzuführen. Beim paarweisen Vergleich zweier Ideen liefert die Methode eine qualitative Entscheidungsgrundlage. Eine mehrdimensionale Bewertung von Ideen anhand verschiedener Bewertungskriterien ist möglich. Dabei ist das Bewertungsergebnis stark von den gewählten Bewertungskriterien und der Gewichtung abhängig. Gleichzeitig führt eine große Anzahl an Bewertungskriterien zu einem hohen Bewertungsaufwand. Vor diesem Hintergrund gilt es geeignete Bewertungskriterien vorzuschlagen, die Anzahl an Kriterien zu begrenzen und die Methode mit anderen Methoden zu kombinieren.

A1.3 Überblick über Kreativitätstechniken

Gruppen von Kreativitätstechniken	Techniken der strukturierten Assoziation
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Denkstühle nach Walt Disney ▪ Methode der sechs Denkhüte ▪ ...
Techniken der freien Assoziation	Konfrontationstechniken
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Brainstorming ▪ Kartenumlauftechnik ▪ Ringtauschtechnik ▪ Mindmapping ▪ ... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reizwortanalyse ▪ Synekstische Exkursion ▪ Visuelle Konfrontation in der Gruppe ▪ Bildkarten-Brainwriting ▪ Provokationstechniken ▪ Technische Lösungsprinzipien (insb. TRIZ) ▪ Lösungsprinzipien der Natur ▪ ...
Konfigurationstechniken	Imaginationstechniken
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Morphologisches Tableau ▪ Morphologische Matrix ▪ Attribute Listing ▪ SIT-Methodik ▪ ... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Take a picture of the problem ▪ Try to become the problem ▪ Geleitete Fantasiereise ▪ ...

Bild A-2: Überblick über Kreativitätstechniken (angelehnt an [GZ11, S. 296])

A2 Ergänzung zur Systematik

A2.1 Eigenschaftsideen-Steckbrief

Gefundene Zusatzeigenschaftsideen werden einheitlich in Eigenschaftsideen-Steckbriefen dokumentiert. Diese Ideensteckbriefe werden in der Praxis auch als *Feature-Steckbrief* oder *Feature one pager* bezeichnet. Die Eigenschaftsideen-Steckbriefe dienen dazu, unter den Prozessbeteiligten ein gleiches Verständnis der Ideen sicherzustellen und die Ideen strukturiert zu erfassen. Ein Beispiel für einen Eigenschaftsideen-Steckbrief zeigt Bild A-3.

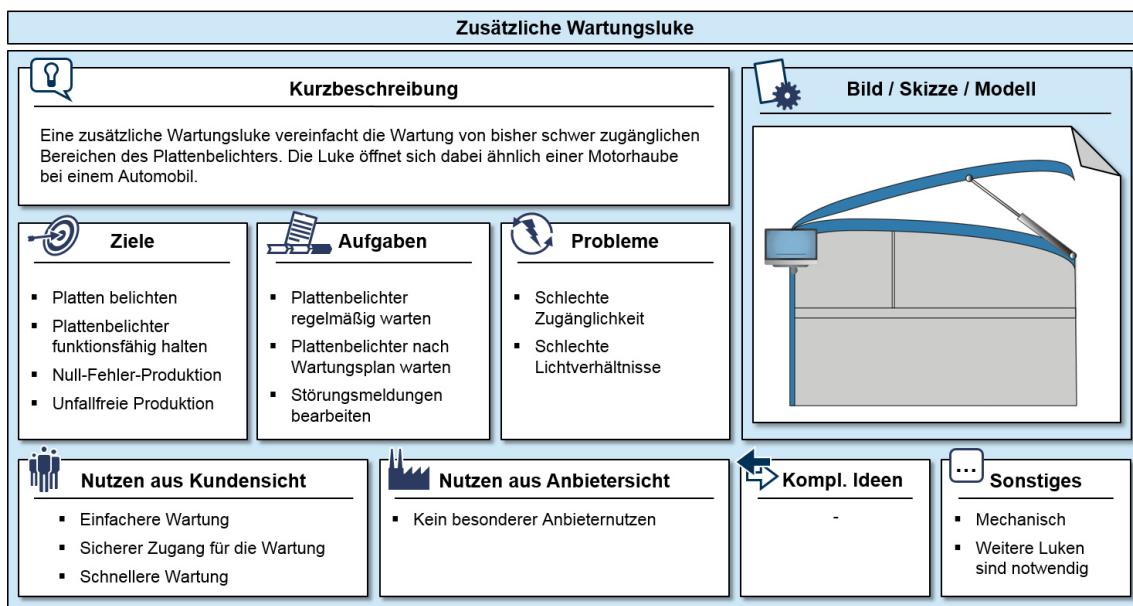


Bild A-3: Eigenschaftsideen-Steckbrief am Beispiel eines Plattenbelichters für die Zusatzeigenschaftsidee „zusätzliche Wartungsluke“

Der Eigenschaftsideen-Steckbrief umfasst Felder für eine Kurzbeschreibung, die adressierten Ziele, Aufgaben und Probleme aus dem Anforderungsprofil sowie für ein Bild oder eine Skizze der Eigenschaftsidee. Ergänzende Felder sind zur Darstellung des Nutzens aus Kunden- sowie aus Anbietersicht, zur Nennung komplementärer Zusatzeigenschaftsideen und für sonstige Anmerkungen vorgesehen. Der Steckbrief dient gleichzeitig zur Vorbereitung der Bewertung und Auswahl von Zusatzeigenschaftsideen für neue Produktgenerationen. Das Bild A-4 zeigt eine Vorlage für einen Eigenschaftsideen-Steckbrief mit Leitfragen.

Eigenschaftsideen-Steckbrief							
<p>Kurzbeschreibung</p> <p>Beschreibung der Eigenschaftsidee</p>				<p>Bild / Skizze / Modell</p> <p>- Bild -</p>			
<p>Ziele</p> <p>Welche Ziele haben Kunden?</p>		<p>Aufgaben</p> <p>Welche Aufgaben erledigen Kunden, um die Ziele zu erreichen?</p>		<p>Probleme</p> <p>Welche Probleme hindern Kunden, die Ziele zu erreichen?</p>			
<p>Nutzen aus Kundensicht</p> <p>Welches Nutzenversprechen liefert die Eigenschaftsidee für Kunden?</p>		<p>Nutzen aus Anbietersicht</p> <p>Welches Nutzenversprechen liefert die Eigenschaftsidee für Anbieter?</p>		<p>Kompl. Ideen</p> <p>Welche komplementären Eigenschaftsideen bestehen?</p>		<p>Sonstiges</p> <p>Sonstige Angaben</p>	

Bild A-4: Vorlage für einen Eigenschaftsideen-Steckbrief mit Leitfragen

A2.2 Vorgehen zur nachträglichen Spezifikation eines Systemmodells eines Referenzprodukts

Die referenzmodellgestützte Ideenfindung basiert auf einem bestehenden Systemmodell eines Referenzprodukts. Sollte kein Systemmodell vorliegen, dann muss dieses erarbeitet werden. Nachfolgend wird ein Vorgehen zur Erarbeitung eines Systemmodells eines Referenzprodukts vorgeschlagen (siehe Bild A-5). Dieses dient zur Orientierung und nicht als starr vorgegebene Bearbeitungsreihenfolge. Die Partialmodelle werden wechselseitig und iterativ erarbeitet.

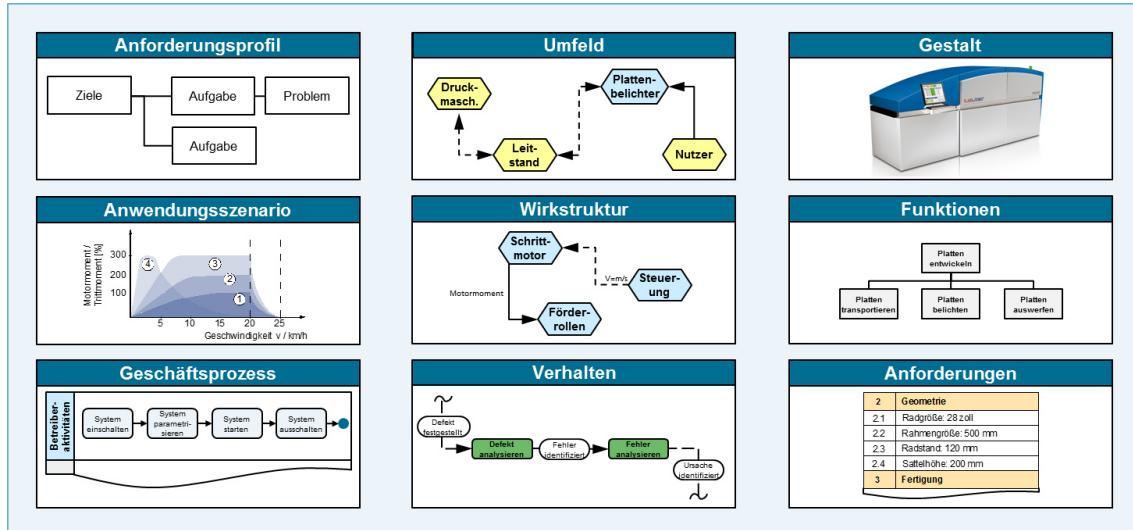


Bild A-5: Systemmodell für die referenzmodellgestützte Ideenfindung

Ausgangspunkt der Modellierung sind die Partialmodelle Anforderungsprofil, Umfeld und Gestalt. Es wird ein **Anforderungsprofil**-Partialmodell erstellt, um Segmente, Stakeholder, Ziele, Aufgaben und Probleme von Kunden zu spezifizieren. Anschließend wird das **Umfeld** des Referenzprodukts modelliert. Zur Identifikation von Potentialen wird das Umfeld weitreichend spezifiziert. Neben dem Umfeld werden auch die Lösungselemente des Partialmodells **Gestalt** berücksichtigt. Die Wirkelemente der **Wirkstruktur** können aus der Gestalt abgeleitet werden. Die Wirkstruktur dient der Analyse der Wirkzusammenhänge des Referenzprodukts. Anschließend werden **Anwendungsszenarien** erstellt, beginnend mit dem Standardbetrieb in der Nutzungsphase. Aus den gesammelten Informationen, insbesondere den Anwendungsszenarien und der Wirkstruktur, wird ein Partialmodell **Funktion** erarbeitet. Das Partialmodell **Verhalten** beschreibt das Verhalten des Referenzprodukts über Aktivitäten. Zur Beschreibung des Verhaltens werden Aktivitätsdiagramme für die bereits spezifizierten Anwendungsszenarien erstellt. Das **Geschäftsprozess**-Partialmodell dient der Analyse von Geschäftsprozessen der Kunden, die mit dem Referenzprodukt in Beziehung stehen (z. B. in der Nutzungsphase). Diese Geschäftsprozesse werden modelliert. Das Partialmodell **Anforderung** wird in Form einer Anforderungsliste modelliert. Abschließend werden die verschiedenen Elemente der Partialmodelle über Assoziationsbeziehungen verknüpft.

A2.1 Bewertungsmaßstab zur Bewertung der Auftrittswahrscheinlichkeit eines Problems

Tabelle 8-1: Bewertungsmaßstab Auftrittswahrscheinlichkeit

Bewertung der Auftrittswahrscheinlichkeit	Bewertungsmaßstab			
	1-3	4-5	6-7	8-10
Auftrittswahrscheinlichkeit	Geringe Auftrittswahrscheinlichkeit	Moderate Auftrittswahrscheinlichkeit	Erhöhte Auftrittswahrscheinlichkeit	Sehr hohe Auftrittswahrscheinlichkeit

A2.2 Service-Katalog

Der Service-Katalog basiert auf den Ergebnissen einer Literaturrecherche (vgl. [BFW07a], [BFW07b-ol], [BS06], [Bur09], [LJ02], [Rai03], [Sch15], [Van07]).

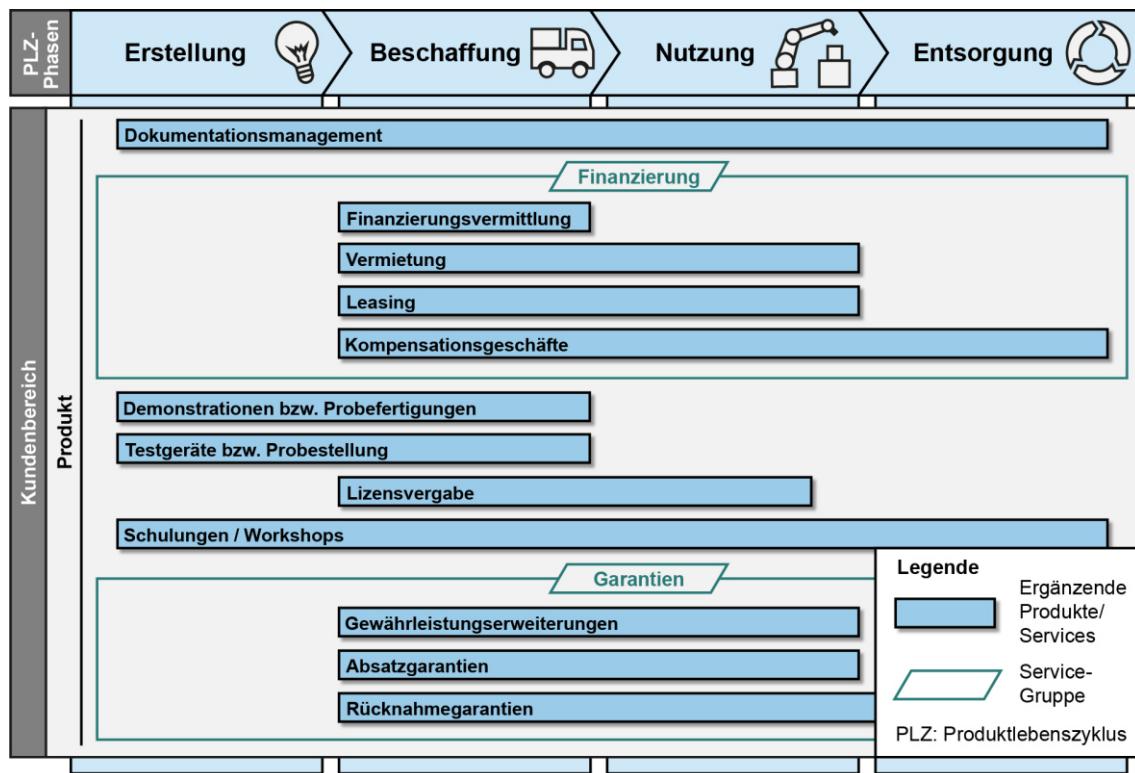


Bild A-6: Service-Katalog (2/6)

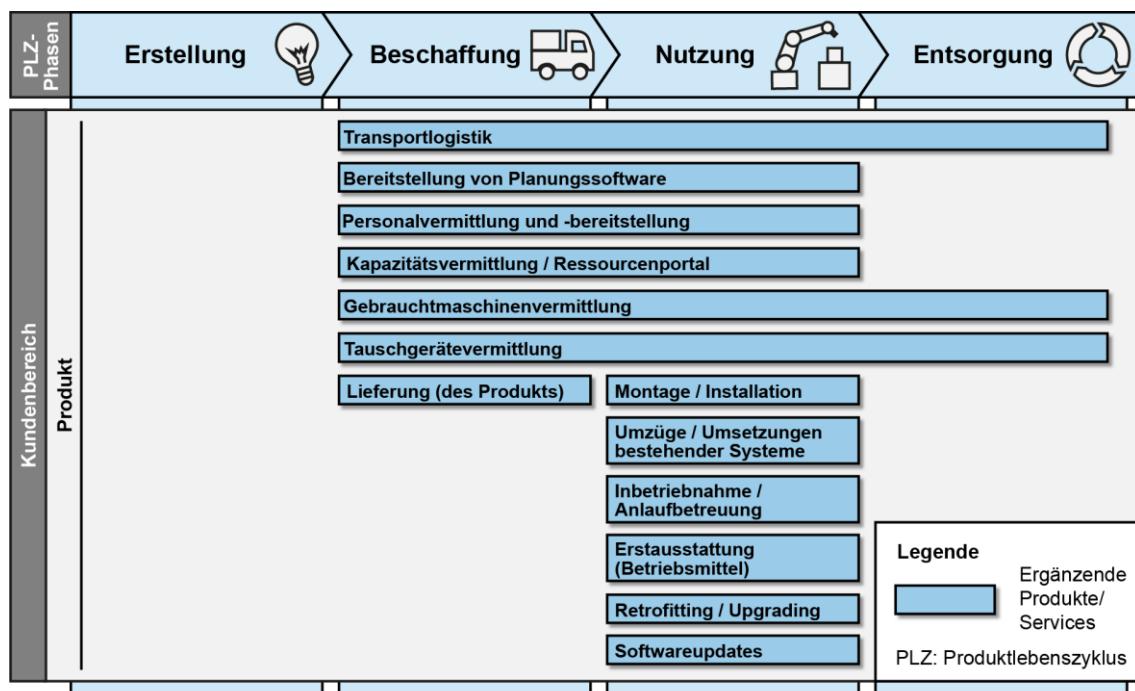


Bild A-7: Service-Katalog (3/6)

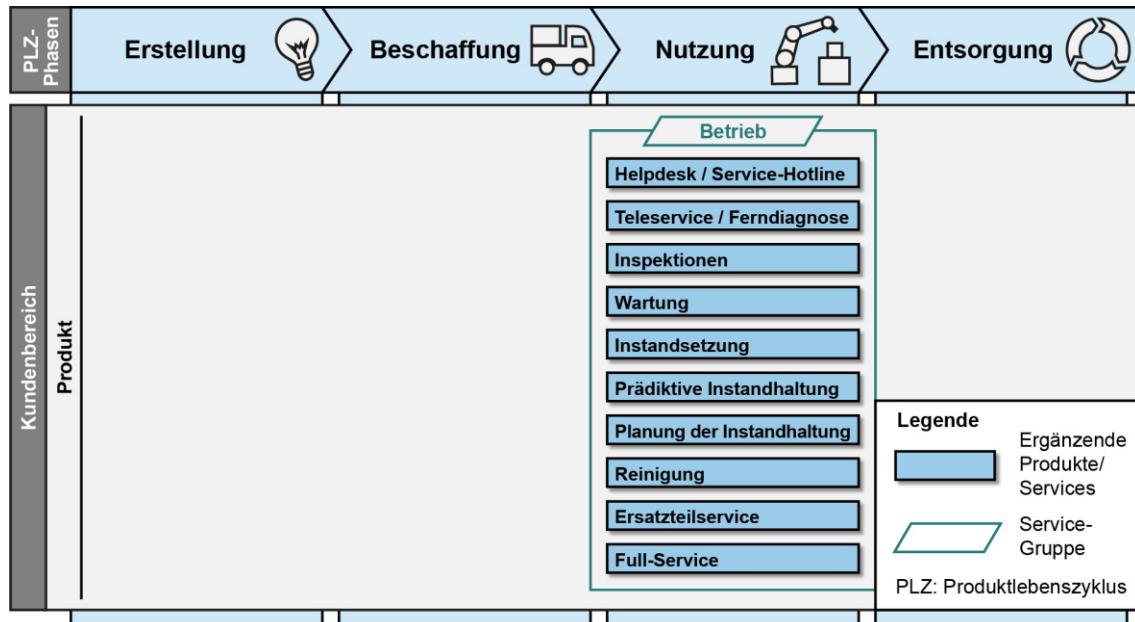


Bild A-8: Service-Katalog (4/6)

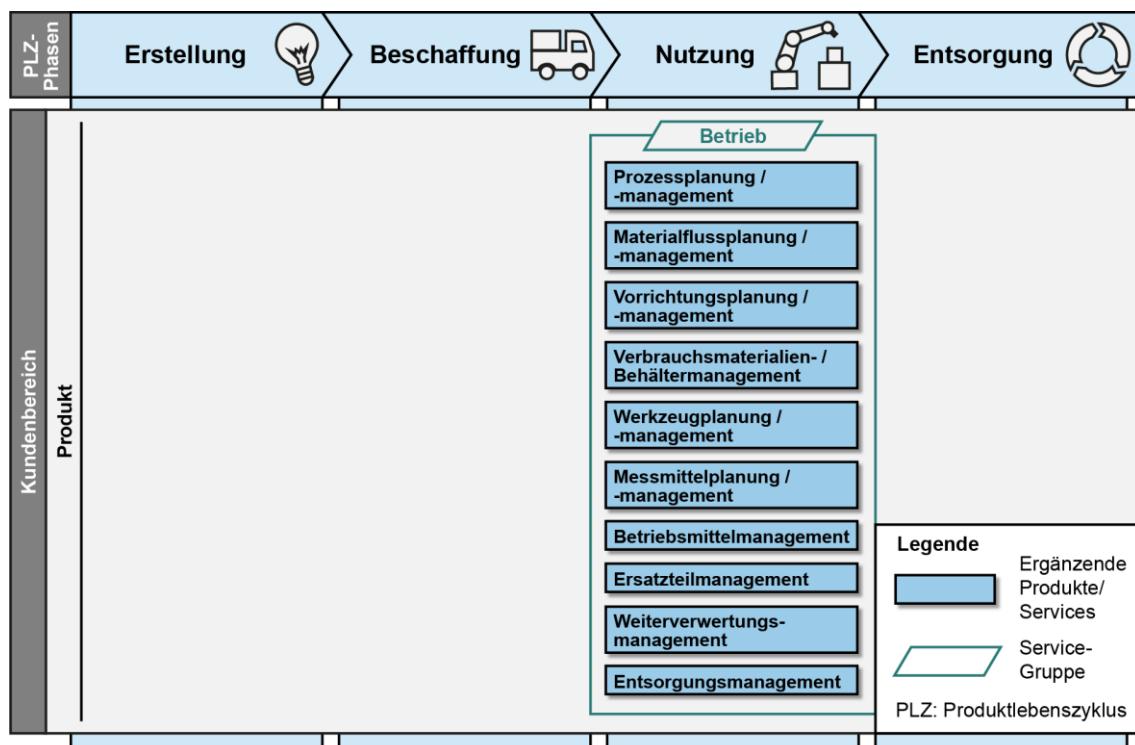


Bild A-9: Service-Katalog (5/6)

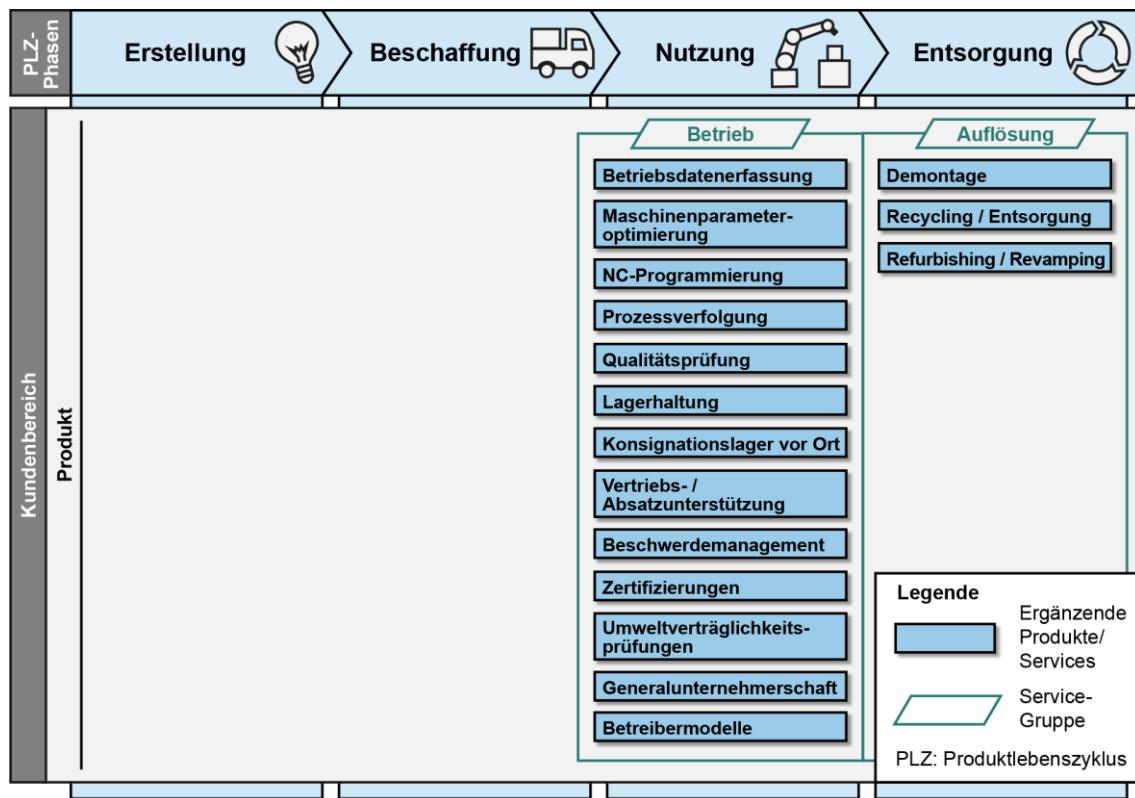


Bild A-10: Service-Katalog (6/6)