

Forschungsberichte



Nicolas Heitger

**Methodische Unterstützung der initialen Zielsystem-  
bildung in der Automobilentwicklung im Modell der  
PGE – Produktgenerationsentwicklung**

Methodical support of the definition of initial system  
of objectives in automotive development in the  
model of PGE – Product Generation Engineering

Band 120

Herausgeber: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Matthiesen

Copyright: IPEK ▪ Institut für Produktentwicklung, 2019  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

Alle Rechte vorbehalten

Druck: Stolzenberger Druck und Werbung GmbH & Co. KG, Leimen  
06224-7697915

ISSN 1615-8113

# **Methodische Unterstützung der initialen Zielsystembildung in der Automobilentwicklung im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines  
**DOKTORS DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN (Dr.-Ing.)**  
von der KIT-Fakultät für Maschinenbau des  
Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

angenommene  
**DISSERTATION**

von

M.Sc. Nicolas Heitger

Tag der mündlichen Prüfung: 30. April 2019  
Hauptreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers  
Korreferent: Prof. Dr.-Ing. R. Dumitrescu

## **Vorwort der Herausgeber (Stand: Juli 2017)**

Wissen ist einer der entscheidenden Faktoren in den Volkswirtschaften unserer Zeit. Der Unternehmenserfolg wird mehr denn je davon abhängen, wie schnell ein Unternehmen neues Wissen aufnehmen, zugänglich machen und verwerten kann. Die Aufgabe eines Universitätsinstitutes ist es, hier einen wesentlichen Beitrag zu leisten. In den Forschungsarbeiten wird ständig Wissen generiert. Dieses kann aber nur wirksam und für die Gemeinschaft nutzbar werden, wenn es in geeigneter Form kommuniziert wird. Diese Schriftenreihe dient seit mehr als 20 Jahren als eine Plattform zum Transfer und macht damit das Wissenspotenzial aus aktuellen Forschungsarbeiten am IPEK - Institut für Produktentwicklung Karlsruhe\* am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) verfügbar. Die Forschung des IPEK ist dabei strukturiert in die Kategorien Systeme, Methoden und Prozesse, um so der Komplexität heutiger Produktentwicklung ganzheitlich gerecht zu werden. Erst die Verknüpfung dieser drei Kategorien ermöglicht die Synthese innovativer Systeme durch Nutzung neuester Methoden und Prozesse. Gleichzeitig werden durch die Systemsynthese die erforschten neuen Methoden und Prozesse validiert und deren Mehrwert für die Praxis abgesichert. Dieses Forschungskonzept prägt nicht nur das IPEK-Leitbild sondern auch den Charakter dieser Schriftenreihe, da immer alle drei Kategorien und deren Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Jeder Band setzt hier individuelle Schwerpunkte und adressiert dabei folgende Forschungsgebiete des IPEK:

- das Entwicklungs- und Innovationsmanagement,
- die Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik,
- der Leichtbau von der Ebene des ganzen Systems bis hinunter zur Optimierung des Bauteils,
- die Validierung technischer Systeme auch unter Berücksichtigung der NVH Aspekte (Noise, Vibration, Harshness) mit dem Fokus auf Schwingungen und Akustik an Komponenten und in den Gesamtsystemen sowie deren subjektiver Beurteilung durch den Menschen,
- die Antriebssystemtechnik mit den Schwerpunkten komplette Antriebslösungen für Fahrzeuge und Maschinen,
- das Design, die Tribologie und Erprobung von Kupplungen und Bremsen sowie
- die Gerätetechnik mit dem Schwerpunkt auf Power-Tools.

Die Forschungsberichte stellen Ergebnisse unserer Forschung sowohl anderen Wissenschaftlern als auch den Unternehmen zu Verfügung um damit die Produktentwicklung in allen ihren Facetten mit innovativen Impulsen zu optimieren.

Albert Albers und Sven Matthiesen

\* Eh.: Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau, Universität Karlsruhe (TH)

## Vorwort zu Band 120

Der Markt für Fahrzeuge, die der individuellen Mobilität dienen, ist heute globalisiert und durch einen scharfen Wettbewerb zwischen den Herstellern gekennzeichnet. Der Fahrzeugmarkt hat sich zu einem vollständigen Käufermarkt entwickelt, der gleichzeitig durch die Möglichkeiten und Potenziale des Internets eine hohe Transparenz und Vergleichbarkeit aufweist. Umso wichtiger ist es in diesem Kontext, die initialen Zielsysteme für neue Produktgenerationen strukturiert und unter Berücksichtigung potenzieller gesellschaftlicher, politischer und technischer Randbedingungen zu entwickeln.

Ein Modell, mit dem dieses strukturierte Entwicklungsmanagement unterstützt werden kann, ist die PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS, die auf der Hypothese basiert, dass alle Produkte auf der Basis von Elementen eines Referenzsystems basieren und aus diesen Elementen durch gezielte Prinzip-, Gestalt- und Übernahmevariationen entwickelt werden. Im Referenzsystem werden die Elemente mit ihren ursprünglichen Zielsystemanteilen und auch mit wirklichen Lösungsobjekten zusammenfasst und in ihren Wechselwirkungen beschrieben sind. Ein Entwicklungsprozess startet nach dem PGE-Modell mit der gezielten Erarbeitung eines geeigneten Referenzsystems. Dabei können die Elemente dieses Referenzsystems aus unterschiedlichen Quellen stammen. So könnte das Referenzsystem einer neuen Generation eines Rasenmähers das Vorgänger Modell aus dem eigenen Haus, ein Wettbewerbsprodukt und zum Beispiel einen Tablett-Computer enthalten, wenn es darum geht einen Smart-Home Rasenmäher zu entwickeln.

Durch Nutzung des systemtheoretischen Konzeptes von ROPOHL, der die Beschreibung jedweder menschgemachter Systeme durch die Verknüpfung eines Zielsystems und eines Objektsystems mittels eines geeigneten Handlungssystems beschreibt, kann dieser Ansatz gleichzeitig genutzt werden, auch unter den heutigen komplexen Randbedingungen Produktentwicklung in Modelle des Prozesses abzubilden. In der Mobilität, beziehungsweise bei dem Mobilitätssystem handelt es sich um ein System of Systems (SoS), das heißt ein System der Systeme, das mit hohen Wechselwirkungen einhergeht. Dieses System of Systems-Mobilitätssystem muss bei der initialen Zielsystembildung für neue Fahrzeuggenerationen zwingend berücksichtigt werden. Die dabei entstehende Komplexität und Kompliziertheit, insbesondere verursacht durch die enormen Wechselwirkungen, kann dabei nur durch eine methodisch gestützte Vorgehensweise zweckdienlich angegangen werden. Hierfür werden durch mittlerweile mehr als 20 Jahre Forschung strukturiert Ansätze unter dem Oberbegriff KaSPro – Karlsruher Schule für Produktentwicklung von der Gruppe um ALBERS erarbeitet. Im Kontext dieser Forschung ist auch die wissenschaftliche Arbeit von Herrn Dr.-Ing. Nicolas Heitger angeordnet. Er untersucht in seiner Arbeit speziell die initiale Zielsystembildung am Beginn von Produktentstehungsprozessen mit Fokus auf die Automobilindustrie, um hier gezielt

Methoden als Teil des Modells der PGE zu erforschen und zu beschreiben. Die Arbeit hat sowohl wissenschaftlich als auch für die Praxis einen hohen Impact, da durch die Beiträge von Herrn Dr.-Ing. Heitger die Möglichkeiten zur Abbildung auch sehr komplexer Entwicklungsprojekte mit mehreren Generationen und diversen Vernetzungen zwischen Produktlinien in Modell der PGE-Produktgenerationsentwicklung weiter erschlossen und für die Praxis nutzbar gemacht wird

April, 2019

Albert Albers

## Kurzfassung

Produkte werden in der Regel nicht auf dem „weißen Blatt Papier“, sondern in Generationen entwickelt. Diese Erkenntnis ist die Grundlage des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS. Die systematische Variation von Teilsystemen gegenüber Referenzprodukten des Referenzsystems sowie der damit verbundene Erkenntnistransfer ist dabei die Basis für die methodische Unterstützung komplexer Produkte – wie dem Automobil.

Die Automobilentwicklung steht vor großen Herausforderungen: Technologische Umbrüche, wie die zunehmende Vernetzung des Fahrzeugs, steigern die Komplexität in der Gesamtfahrzeugentwicklung. Gleichzeitig verändern Trends, wie die fortschreitende Urbanisierung, Kundenbedürfnisse nachhaltig, bieten aber auch Chancen für Innovationen. Ein an den Kundenbedürfnissen ausgerichtetes Zielsystem ist daher ein zentraler Erfolgsfaktor für eine neue Fahrzeuggeneration. Die Basis für ein erfolgreiches Fahrzeug wird dabei in der Frühen Phase der PGE mit dem initialen Zielsystem gebildet. Auch für das initiale Zielsystem ist ein ganzheitliches und systemisches Verständnis von Zielen unerlässlich. Dabei müssen verschiedenste Ziele, Anforderungen und Randbedingungen berücksichtigt werden, welche durch unterschiedliche organisationale Funktionsbereiche bereitgestellt und verantwortet werden. Aus den skizzierten Herausforderungen resultiert der Bedarf, Prozesse und Methoden zur Unterstützung der initialen Zielsystembildung zu hinterfragen, bestehende Ansätze zu überarbeiten und mit neuen Lösungen zu kombinieren.

In dieser Arbeit wird das Verständnis der PGE auf die initiale Zielsystembildung übertragen. Das Produktprofil, welches die Bedarfssituation einer neuen Produktgeneration aus Sicht des Kunden und Anwenders argumentiert, gleichzeitig aber auch den Anbieternutzen berücksichtigt, bildet dabei den methodischen Rahmen. Auf dieser Basis wird ein Referenzproduktmodell entwickelt, welches kundenerlebbare Produkteigenschaften nutzt, um den flexiblen Umgang mit heterogenen Zielabstraktionsgraden in der Frühen Phase der PGE zu ermöglichen. Außerdem wird ein Referenzprozess eingeführt, welcher den spezifischen Rahmenbedingungen der initialen Zielsystembildung in der Automobilentwicklung Rechnung trägt und die robuste Entwicklung des Produktprofils ermöglicht. Ein zentrales Element stellt dabei die bereichsübergreifende Entwicklung und Bewertung des Eigenschaftsprofils dar. Unterstützt wird der Prozess der initialen Zielsystembildung durch spezifische Methoden und Werkzeuge, welche im Rahmen einer menschenzentrierten Entwicklung gezielt die Aspekte der PGE mit dem Profilverständnis verknüpfen.

## **abstract**

Usually, products are not developed on the "white sheet of paper", but in generations. This observation is the basis of the model of PGE - Product Generation Engineering according to Albers. The systematic variation of subsystems in comparison to reference products and the associated transfer of knowledge is the basis for the methodical support of complex products - such as the automobile.

Automotive development faces major challenges: Technological transformations, such as the increasing networking of vehicles, lead to higher complexity in the complete vehicle development. At the same time, trends such as the advancing urbanization are profoundly changing customer needs, but also offer opportunities for innovations. A system of objectives aligned to customer needs is therefore a key success factor for a new generation of vehicles. The basis for a successful vehicle is formed in the Early Phase of PGE with the initial system of objectives. A holistic and systemic understanding of objectives is also essential for the initial target system. A wide variety of targets, requirements and boundary conditions has to be taken into account, which are provided and coordinated by different organizational functional units. The outlined challenges result in the need to question established processes and methods to support the definition of the initial system of objectives, to revise existing approaches and to combine them with new solutions.

In this work, the understanding of PGE is transferred to the definition of initial system of objectives. The product profile, which argues the needs of a new product generation from the customer's and user's perspective, while at the same time taking into account the provider's benefits, forms the methodological framework. On this basis, a reference product model is developed, which uses product attributes that can be experienced by the customer in order to enable the flexible handling of heterogeneous degrees of objective abstraction in the Early Phase of the PGE. In addition, a reference process is introduced which takes into account the specific conditions of the development of the initial system objectives in automotive development and enables the robust development of the product profile. A central element is the cross-functional development and evaluation of the attribute profile. The process of the definition of the system of objectives is supported by specific methods and tools, which link the aspects of PGE with the profile understanding within the framework of a human-centered development.

## Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines Kooperationsprojektes zwischen dem IPEK Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG. In dieser Zeit war ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPEK und als Entwicklungsingenieur im Vorentwicklungs- und Innovationsmanagement bei Porsche tätig.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers für die Übernahme der wissenschaftlichen Betreuung meiner Arbeit und dem damit entgegengebrachten Vertrauen, die Forschung am IPEK mitgestalten zu dürfen. Herzlich danken möchte ich ihm für die immer inspirierenden und vor allem sehr konstruktiven wissenschaftlichen Gespräche, in denen er durch seine wertvollen Denkipulse entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat. Für die Übernahme des Korreferats sowie die wertvollen Anregungen am Ende meines Promotionsprojektes danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu. Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Schulze danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Ich danke herzlich allen Kollegen, Wegbegleitern und Förderern bei der Porsche AG, welche in unterschiedlicher Weise zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Besonderer Dank gilt Herrn Michael Dimitrov und Herrn Dr. Matthias Zimmer für die Möglichkeit der Anfertigung dieser Arbeit. Meinem Abteilungsleiter Herrn Knuth Walczak danke ich für die persönliche Unterstützung und die notwendigen Freiräume in der täglichen Arbeit. Ich danke besonders den zahlreichen Studenten, welche durch ihre Unterstützung wertvolle Beiträge für die Arbeit lieferten und stets bereichernde Diskussionspartner waren. Ganz besonders danke ich den Kollegen, welche ebenfalls in kooperativen Promotionsvorhaben im Umfeld der Methodenentwicklung bei Porsche mit mir zusammenarbeiteten und welche in den gemeinsamen Diskussionen entscheidende Impulse für die Arbeit lieferten. Herausheben möchte ich hierbei Herrn Fabian Haug, Herrn Lukas Krämer und Herrn Tobias Hirschter.

Vielen Dank an das gesamte IPEK-Team und insbesondere an die Kolleginnen und Kollegen der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management über die Jahre. Hervorheben möchte ich Herrn Dr. Nikola Bursac, der mir nicht nur in der entscheidenden Schlussphase meiner Arbeit eine sehr große Hilfe war.

Mein größter Dank gilt meiner Familie: vor allem meiner Frau Nina für ihre unglaubliche Unterstützung und Rücksichtnahme zu jeder Zeit sowie meinen Eltern, die meine Fähigkeiten und Möglichkeiten für die Erstellung dieser Arbeit maßgeblich prägten.

Karlsruhe, den 20. Mai 2019

Nicolas Heitger

*Für Peter*

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Motivation .....	1
1.2	Fokus der Arbeit .....	2
1.3	Aufbau der Arbeit.....	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Stand der Forschung</b> .....	<b>7</b>
2.1	Systemisches Verständnis der Produktentstehung .....	7
2.1.1	Allgemeine System- und Modelltheorie .....	8
2.1.2	Problemlösen in der Produktentstehung .....	10
2.1.3	Systemisches Verständnis technischer Produkte.....	16
2.1.4	Zwischenfazit .....	25
2.2	Innovationsverständnis im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung .....	26
2.2.1	Innovationsbegriff und Innovationsverständnis .....	26
2.2.2	PGE – Produktgenerationsentwicklung .....	29
2.2.3	Zwischenfazit .....	34
2.3	Prozessmodelle der Produktentstehung.....	35
2.3.1	Vorgehens- und Phasenmodelle .....	36
2.3.2	Ganzheitliche Modelle der Produktentstehung.....	39
2.3.3	Zwischenfazit .....	45
2.4	Zielsysteme in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung .....	46
2.4.1	Die Frühe Phase im Modell der PGE .....	46
2.4.2	Systemisches Verständnis von Zielen.....	50
2.4.3	Bereichsübergreifende Zusammenarbeit in der Zielsystembildung .....	58
2.4.4	Zwischenfazit .....	61
<b>3</b>	<b>Zielsetzung und Forschungsfragen</b> .....	<b>63</b>
3.1	Forschungslücke und Zielsetzung .....	63
3.2	Forschungshypothesen und Forschungsfragen .....	65
<b>4</b>	<b>Vorgehensweise</b> .....	<b>67</b>
4.1	Forschungsmethode .....	67
4.2	Forschungsumgebung: Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG .....	68
4.3	Vorgehensweise und Forschungsdesign.....	70
<b>5</b>	<b>Verständnis der Zielsystembildung in der Automobilentwicklung</b> .....	<b>73</b>
5.1	Die „Frühe Phase“ in der Automobilentwicklung.....	74
5.1.1	Die „Frühe Phase“ der Automobilentwicklung im Modell der PGE.....	74
5.1.2	Charakteristika und organisationale Rahmenbedingungen.....	77
5.2	Zielsystembildung im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung .....	79
5.2.1	Beschreibung der Zielsystembildung im Modell der PGE .....	79
5.2.2	Charakteristika von Zielsystemen in der Frühen Phase der PGE .....	80

5.2.3	Referenzprodukte in der Automobilentwicklung .....	82
5.3	Funktionsbereichsübergreifende Zielsystembildung.....	85
5.3.1	Informationen und Informationsquellen für die Zielsystembildung .....	86
5.3.2	Beteiligte Funktionsbereiche an der Zielsystembildung .....	89
5.3.3	Herausforderungen bei der funktionsbereichsübergreifenden Zielsystembildung .....	92
5.4	Kundenorientierung in der Zielsystembildung.....	95
5.4.1	Relevanz der Kundenorientierung in der „Frühen Phase“ .....	95
5.4.2	Eigenschaftsorientierte Automobilentwicklung .....	96
5.5	Fazit: Anforderungen an die methodische Unterstützung.....	100
<b>6</b>	<b>Unterstützung der initialen Zielsystembildung in der Automobilentwicklung auf Basis des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung .....</b>	<b>103</b>
6.1	Produktprofil nach ALBERS als methodischer Rahmen .....	104
6.2	Referenzproduktmodell des Kundennutzens.....	106
6.2.1	Produktmodell zur Strukturierung der Zielsystembildung im Modell der PGE .....	106
6.2.2	Modellierung des Kundennutzens anhand kundenerlebbarer Produkteigenschaften... ..	108
6.3	Referenzprozess der initialen Zielsystembildung .....	113
6.3.1	Entwicklung des Produktprofils.....	114
6.3.2	Initiale Bewertung des Produktprofils .....	127
6.3.3	Modellierung im iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell .....	131
6.3.4	Werkzeuge zur methodischen Unterstützung des Referenzprozesses.....	133
6.3.5	Zusammenfassung .....	146
<b>7</b>	<b>Evaluation .....</b>	<b>149</b>
7.1	Fallbeispiele bei der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG.....	149
7.1.1	Studiendesign .....	149
7.1.2	Evaluation und Diskussion der Ergebnisse .....	155
7.2	Studentisches Entwicklungsprojekt IP – Integrierte Produktentwicklung.....	160
7.3	Fazit.....	164
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>167</b>
8.1	Zusammenfassung .....	167
8.2	Ergebnistransfer und Ausblick.....	174
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>177</b>

# 1 Einleitung

Die naive Vorstellung, dass eine geniale Idee – ein Geistesblitz – eines Tüftlers zu einem erfolgreichen Produkt führt, lässt sich im Allgemeinen nicht bestätigen. Produkte entstehen in der Regel nicht auf dem oft zitierten „weißen Blatt Papier“. Selbst Produkte, die gemeinhin als besonders „innovativ“ wahrgenommen werden, wie die erste Generation des Apple iPhones im Jahr 2007, orientieren sich an dem bereits Bestehenden. Sie übernehmen vorhandene technische Teilsysteme (Bildschirm, Prozessor, ...) und Funktionen (Touch-Bedienung, Surfen im Internet, ...), kombinieren sie neu und nehmen an ausgewählten Elementen bewusste Neuentwicklungen vor. Das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS beschreibt diesen Umstand. Es überführt das intuitive Entwicklungsvorgehen, wonach Produkte in Generationen entwickelt werden, in einen systemischen Ansatz, welcher durch die gezielte Entwicklung von Prozessen und Methoden die Unterstützung realer Entwicklungsprojekte ermöglicht.

Auch bei der Zielbildung für eine neue Produktgeneration muss dies entsprechend berücksichtigt werden: Neue Produktgenerationen nutzen Erkenntnisse aus vorherigen Entwicklungsprojekten, verwenden bestehende Teilsysteme aus Vorgängern und Baukästen und werden auf bereits bestehenden Produktionsanlagen gefertigt. Dies stellt jedoch nicht nur eine Einschränkung für die Produktdefinition einer neuen Produktgeneration dar – vielmehr ermöglicht die bewusste Übernahme von Teilsystemen die Nutzung vorhandener Erkenntnisse und die daraus resultierende gezielte Gestaltung von Differenzierungsmerkmalen eine effiziente und risikooptimierte Produktentwicklung.

## 1.1 Motivation

Technologische Umbrüche führen aktuell zu einem Paradigmenwechsel in der Automobilentwicklung. Branchentrends wie Elektromobilität, automatisiertes Fahren und die zunehmende Vernetzung der Fahrzeuge steigern die Komplexität zukünftiger Fahrzeuggenerationen und erfordern ein disziplin- und domänenübergreifendes Verständnis. Eine neue Fahrzeuggeneration muss außerdem innovativ sein. Innovativ beschreibt dabei den Bedarf nach einer technischen Neuerung bzw. einem neuen Leistungsangebot, welches gleichzeitig erfolgreich am Markt etabliert wird. Gesellschaftlichen Trends, wie der Urbanisierung, dem demografischen Wandel oder der zunehmenden Individualisierung muss mit neuen technischen Lösungen begegnet werden. Der zunehmende Wettbewerbsdruck, auch ausgehend von bisher branchenfremden Unternehmen, wie z.B. Google oder Apple, erfordert die schnellere Umsetzung von Innovationsprojekten. Darüber hinaus ist auch eine steigende Anzahl

an Innovationen je Fahrzeugentwicklungsprojekt gefordert. Die Kundenorientierung bei der Entwicklung neuer Fahrzeuge ist somit von größter Relevanz.

Etablierte Organisationsstrukturen, die oftmals bauteilorientiert sind, müssen sowohl prozessual als auch methodisch befähigt werden, diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Insbesondere die Zielsystembildung in der „Frühen Phase“ des Entwicklungsprozesses erfolgt fachbereichsübergreifend und muss Anforderungen aus verschiedenen Organisationseinheiten innerhalb der Entwicklung, aber auch ressortübergreifend, berücksichtigen. Eine Kernherausforderung ist neben der Berücksichtigung aller relevanten Ziele deren transparente Begründung, um Widerstände zwischen divergierenden Fachbereichszielen zu reduzieren. Außerdem müssen Wechselwirkungen zwischen Zielen frühestmöglich aufgezeigt werden, um entstehende Zielkonflikte lösen zu können.

### **1.2 Fokus der Arbeit**

In der vorliegenden Arbeit wird die Zielsystembildung für mechatronische Produkte betrachtet. Der spezifische Untersuchungsgegenstand hierfür ist das Automobil bzw. die Automobilentwicklung eines OEMs (Original Equipment Manufacturer) – einem Fahrzeughersteller, der unter eigenem Namen Fahrzeuge vertreibt.

Die initiale Zielsystembildung, also die Beschreibung erster grundsätzlicher Ziele für die Entwicklung des Fahrzeugs, findet in der „Frühen Phase“ des Produktentstehungsprozesses statt. Die PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS ist ein Ansatz, welcher den erfolgreichen Umgang mit Risiko in der Entwicklung von Produkten unterstützen soll – auch in der sogenannten „Frühen Phase“. Die „Frühe Phase“ ist dabei kein klar abzugrenzender Zeitraum, sondern zeichnet sich vielmehr durch bestimmte Charakteristika, wie besonders hohe Unsicherheit, aus. Im Kontext der Gesamtfahrzeugentwicklung lässt sich der betrachtete Zeitraum jedoch dahingehend eingrenzen, dass grundsätzlich Aktivitäten vor der eigentlichen Serienentwicklung gemeint sind, die somit in der Regel mehr als drei bis vier Jahre vor Markteinführung der Fahrzeuggeneration stattfinden.

Zielsysteme von Fahrzeugen werden in der Organisation verteilt gebildet bzw. die Zusammenarbeit verschiedener Fachbereiche ist für die Definition von initialen Zielen erforderlich. Gerade in der „Frühen Phase“ ist die Kundenorientierung ein wichtiger Faktor – zum einen um die richtigen Differenzierungsmerkmale zu definieren, zum anderen um die Entwicklungsaktivitäten gemäß der PGE effizient gestalten und methodisch unterstützen zu können.

Sowohl Prozessmodelle als auch Produktmodelle sind notwendig, um die initiale Zielsystembildung zu unterstützen. Das iPeM – integrierte Produktentstehungsmodell ist ein Meta-Modell, welches die umfassende Modellierung von

Produktentstehungsprozessen ermöglicht und somit auch die initiale Zielsystembildung. Insbesondere das „Finden von Produktprofilen“ adressiert diesbezüglich wesentliche Inhalte und Aktivitäten. Ein zentrales Element des Produktprofils ist neben dem Anbieternutzen der Kunden- bzw. Anwendernutzen. Das (gewünschte) Verhalten von Produkten lässt sich – den Grundlagen des Systems Engineering folgend<sup>1</sup> – durch Produkteigenschaften abbilden, welche die Erlebnisebene des Kunden bzw. Anwenders beschreiben. Eine zusammenfassende Übersicht der Forschungsfelder ist in Abbildung 1-1 dargestellt.



Abbildung 1-1: Forschungsfelder der Arbeit nach BLESSING & CHAKRABARTI (2009, S. 66)

Diese Forschungsarbeit vertieft damit wesentliche Elemente der KaSPro – Karlsruher Schule der Produktentwicklung. Die Schwerpunkte bilden die Überführung bestehender Forschungsinhalte in den konkreten Anwendungsfall der Produktentwicklung von Automobilen, die Weiterentwicklung der bestehenden Erkenntnisse zur Frühen Phase im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung sowie die Entwicklung konkreter Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der initialen Zielsystembildung.

<sup>1</sup> vgl. bspw. GAUSEMEIER, TSCHIRNER, DUMITRESCU & GAUKSTERN (2012)

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Die Forschungsarbeit gliedert sich in acht Kapitel. Der Aufbau und die wesentlichen Inhalte der Kapitel finden sich in Abbildung 1-2.

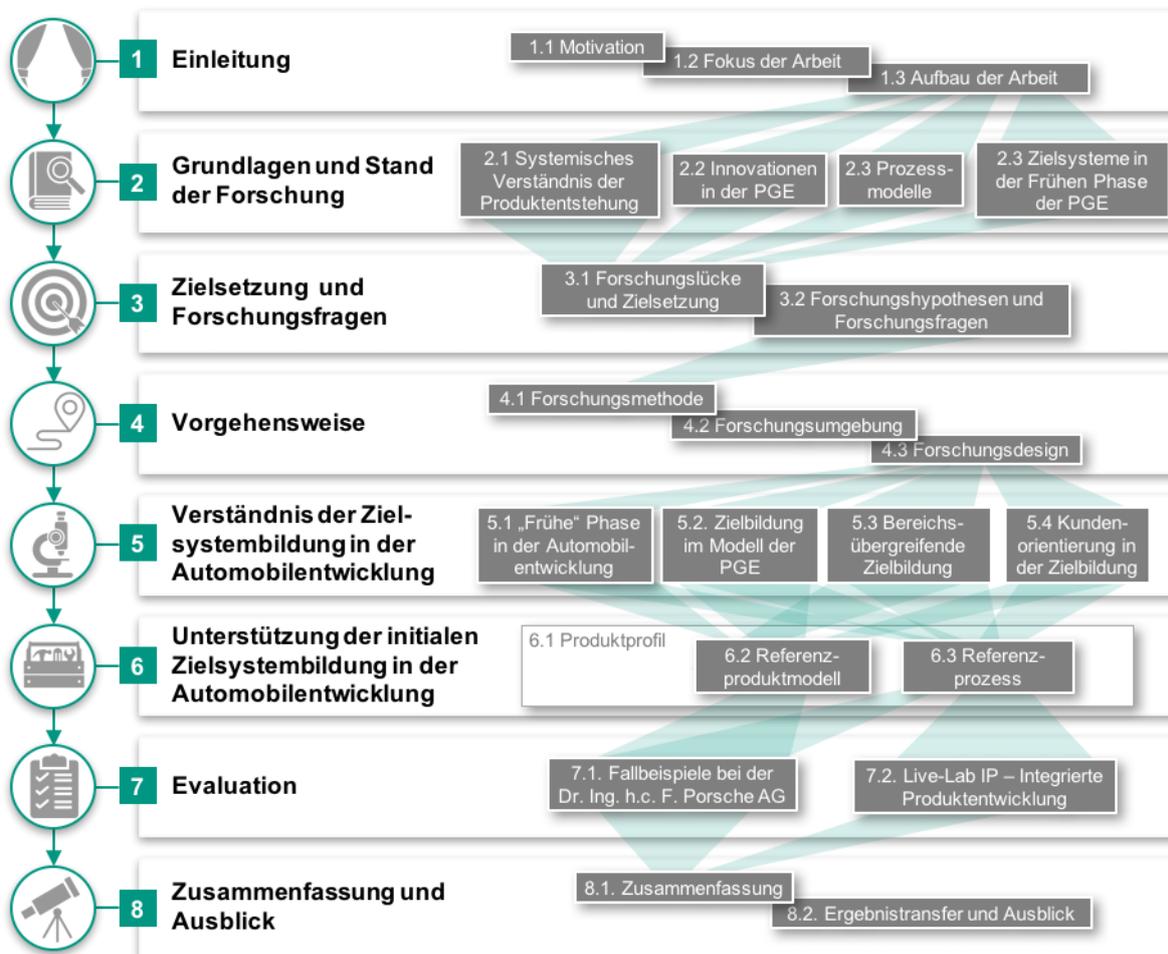


Abbildung 1-2: Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 werden die Grundlagen und der Stand der Forschung zu den zuvor beschriebenen Forschungsfeldern untersucht. Zunächst werden die Grundlagen der System- und Modelltheorie vorgestellt. Darauf aufbauend werden Ansätze zur Strukturierung und Beschreibung von Produktmodellen beschrieben. Aufbauend darauf werden die Grundlagen der PGE – Produktgenerationsentwicklung erläutert sowie der Bezug zum Innovationsverständnis hergestellt. Im Folgenden werden wesentliche Prozessmodelle der Produktentstehung eingeführt und diskutiert. Abschließend wird das Zielsystemverständnis in der „Frühen Phase“ in der Literatur detailliert beschrieben. Hierzu wird zunächst das generische Verständnis der „Frühen Phase“ der Produktentstehung und ihre Besonderheiten vorgestellt sowie die Definition der Frühen Phase im Modell der PGE abgegrenzt. Anschließend wird das systemische Verständnis von Zielen analysiert und wesentliche Inhalte definiert. Zum Abschluss des Kapitels wird auf die Besonderheiten der fachbereichsübergreifenden Zusammenarbeit im Rahmen der Zielsystembildung eingegangen.

Aufbauend auf dem Stand der Forschung aus Kapitel 2 wird in Kapitel 3 die Forschungslücke spezifiziert und der Forschungsbedarf abgeleitet. Das Forschungsziel wird durch Forschungshypothesen eingegrenzt und durch Forschungsfragen präzisiert. In Kapitel 4 wird die methodische Vorgehensweise zur Erreichung der Ziele beschrieben. Außerdem wird die Forschungsumgebung vorgestellt sowie das Forschungsdesign für die Arbeit abgeleitet.

Kapitel 5 beinhaltet die Vorstudie zur Konkretisierung der Anforderungen an die methodische Unterstützung. Hierzu wird sowohl auf Basis vertiefender Literaturrecherchen als auch auf Basis eigener empirischer Erhebungen die Zielsystembildung in der Automobilentwicklung analysiert. Zunächst werden allgemeine Besonderheiten der „Frühen Phase“ in der Automobilentwicklung beschrieben und in das Modell der PGE überführt. Im Anschluss werden die Besonderheiten der Zielsystembildung detailliert und im Kontext der PGE analysiert. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Analyse der bereichsübergreifenden Zusammenarbeit. Die Vorstudie wird durch eine Analyse der Kundenorientierung in der Automobilentwicklung abgeschlossen. Fokus liegt dabei insbesondere auf der eigenschaftsorientierten Fahrzeugentwicklung.

Auf Basis der Erkenntnisse in Kapitel 5 sowie dem Verständnis von Produktprofilen wird in Kapitel 6 ein Referenzproduktmodell eingeführt, welches Elemente des Zielsystems im Modell der PGE strukturiert und die lösungsoffene Beschreibung des Kundennutzens ermöglicht. Anschließend wird darauf aufbauend ein Referenzprozess der initialen Zielsystembildung entwickelt. Außerdem werden Methoden und Werkzeuge vorgestellt, welche im Rahmen der Forschungsarbeit zur Unterstützung der Phasen des Referenzprozesses entwickelt wurden.

In Kapitel 7 wird der Referenzprozess sowie die eingeführten Methoden und Werkzeuge in realen Entwicklungsprojekten der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG angewendet und evaluiert. Hierbei wird sowohl die Adaption des Referenzprozesses, die Verwendung des Referenzproduktmodells sowie die Unterstützung durch Methoden und Werkzeuge in unterschiedlichen Entwicklungssituationen analysiert. In einer weiteren Evaluation werden ausgewählte Inhalte des Referenzprozesses sowie zugehörige Methoden und Werkzeuge im Rahmen des studentischen Entwicklungsprojekts IP – Integrierte Produktentwicklung bewertet.

Abschließend werden die Ergebnisse und Erkenntnisse der Forschungsarbeit in Kapitel 8 zusammengefasst sowie Einschränkungen und Möglichkeiten für den Transfer der Ergebnisse beschrieben. Außerdem wird ein Ausblick auf künftige Forschungsaktivitäten gegeben, welche insbesondere im Kontext der Frühen Phase der PGE an die vorliegende Arbeit anknüpfen können.



## 2 Grundlagen und Stand der Forschung

Dieses Kapitel analysiert das Verständnis der Zielsystembildung in der Forschung und stellt die wesentlichen Definitionen für diese Forschungsarbeit bereit. Neben Inhalten zum Zielsystem wird dabei auf ein grundsätzliches systemisches Verständnis der Produktentstehung eingegangen und relevante Modelle und Prozesse vorgestellt. Außerdem wird auf Basis des in der Literatur beschriebenen Innovationsverständnisses die PGE – Produktgenerationsentwicklung eingeführt, welche den zentralen Beschreibungsrahmen für Entwicklungsprojekte im Kontext dieser Arbeit bildet. ALBERS zufolge steht der Mensch als handelnder Akteur im Mittelpunkt der Produktentwicklung (Albers, 2011) – somit auch im Kontext der Zielsystembildung. Daher ist ein weiterer Schwerpunkt die differenzierte Betrachtung der bereichsübergreifenden Zusammenarbeit in Entwicklungsprojekten.

Die kritische Reflektion des Standes der Forschung dient als Grundlage für die Identifikation der Forschungslücke und dem daraus resultierenden Forschungsziel. Darüber hinaus bildet dieses Kapitel die Grundlage für die vertiefende Deskriptive Studie in Kapitel 5, in welcher der Stand der Forschung für ausgewählte Inhalte zur Zielsystembildung in der Automobilentwicklung durch weitere Literaturrecherchen vertieft wird, um die Anforderungen an eine methodische Unterstützung bestmöglich zu spezifizieren.

### 2.1 Systemisches Verständnis der Produktentstehung

Ziel der Produktentwicklung ist es, funktionsfähige, produzierbare und vermarktungsfähige Produkte zu entwickeln (Ponn & Lindemann, 2011, S. 16). Da in der Produktentwicklung zunehmend interdisziplinäre Problemlösungsteams eingesetzt werden, ist ein systemisches Verständnis des Produkts und der Entwicklungsaufgabe unerlässlich. Das *Systems Engineering* beschreibt dieses Verständnis, indem ganzheitlich Wechselwirkungen zwischen Produkt, Prozess und Problemlöser betrachtet werden (Gausemeier, Dumitrescu, Steffen, Czaja, Wiederkehr & Tschirner, 2013). Modelle helfen dabei komplexe Systeme zu strukturieren und zu erklären.

Im Folgenden werden daher, aufbauend auf einem allgemeingültigen Verständnis von Modellen und Systemen, das systemische Verständnis technischer Produkte vertieft. Einen Schwerpunkt bildet dabei das Verständnis von Produkteigenschaften. Im Anschluss werden etablierte Prozessmodelle der Produktentstehung vorgestellt und hinsichtlich ihrer Potenziale und Grenzen diskutiert.

### 2.1.1 Allgemeine System- und Modelltheorie

Die Grundlagen der *allgemeinen Systemtheorie* gehen auf den durch VON BERTALANFFY (1968) beschriebenen Begriff der Ganzheitlichkeit zurück. Dieser besagt, dass die Eigenschaften höherer Ebenen nicht durch die Summe der Eigenschaften ihrer Bestandteile erklärbar sind, solange diese isoliert betrachtet werden. Zur Ableitung höherer Ebenen muss insbesondere die Kenntnis über die Relationen zwischen den Bestandteilen verstanden werden. PULM (2004) beschreibt darauf aufbauend *emergente Systemeigenschaften*, welche nicht mehr durch die Eigenschaften einzelner Systemelemente erklärbar sind, sondern nur durch die Betrachtung der Systemebene. PULM (2004) stellt weiterhin fest, dass die Systemtheorie zwar grundsätzlich als disziplinübergreifend verstanden werden muss, einzelne Systeme jedoch konkrete Disziplinen adressieren. Hieraus ergibt sich ein kontextabhängiges Verständnis von Systemen. Darüber hinaus stellt ROPOHL (1975) heraus, dass drei unterschiedliche Systemdeutungen zu berücksichtigen sind. Diese stellen jeweils einen Systemaspekt in den Vordergrund: das *strukturelle*, *funktionale* und *hierarchische Systemkonzept* (vgl. Abbildung 2-1).

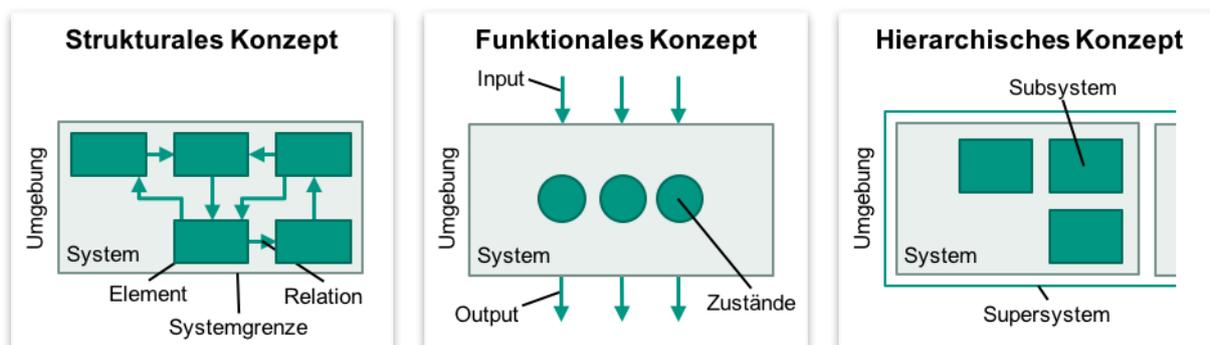


Abbildung 2-1: Konzepte der Systemtheorie nach ROPOHL (1975)

Das *strukturelle Systemkonzept* stellt die Ganzheitlichkeit von Systemen in den Vordergrund und zeigt auf, dass zur Erfassung des Systems neben der Summe der Elemente auch das Beziehungsgeflecht ihrer Relationen betrachtet werden muss (Ropohl, 1975). Das *funktionale Systemkonzept* betrachtet die Beziehungen zwischen Input und Output eines Systems. Es beschreibt das Verhalten des Systems, ohne dabei näher auf dessen inneren Aufbau einzugehen (Ropohl, 1975). Im *hierarchischen Systemkonzept* werden zwei Aspekte berücksichtigt. Zum einen, dass ein System eine Systemgrenze besitzt, die es von seiner Umwelt abgrenzt, und zum anderen, dass Systeme selbst aus Systemen bestehen. Diese Systemhierarchie führt dazu, dass Systeme gleichzeitig Sub- und Supersystem sind (Ropohl, 1975; Haberfellner, Nagel, Becker, Büchel & von Massow 1997, S. 7). Die Systemkonzepte schließen sich nicht aus, sondern können in Kombination genutzt werden (vgl. Abbildung 2-2).

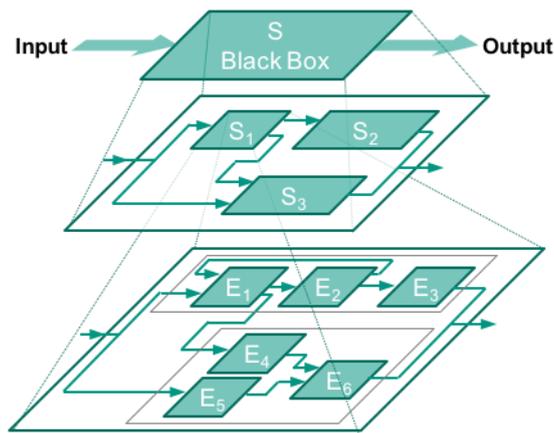


Abbildung 2-2: Kombination der Konzepte der Systemtheorie nach EHRENSPIEL & MEERKAMM (2013)

ALBERS (2011) zufolge steht der Mensch im Mittelpunkt der Produktentstehung. Für ein ganzheitliches Verständnis müssen daher die Wechselwirkungen zwischen dem technischen System und dem Menschen berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang wird daher auch von einem *sozio-technischen System* gesprochen. ROPOHL (2009) unterscheidet dabei zwei Arten von sozio-technischen Systemen: dem sozio-technischen System der Entstehung und dem der Verwendung (vgl. Abbildung 2-3). Im ersten agiert der Mensch als Entwickler, im zweiten als Nutzer des technischen Systems. Bedingungen und Folgen müssen für beide sozio-technischen Systeme beachtet werden.

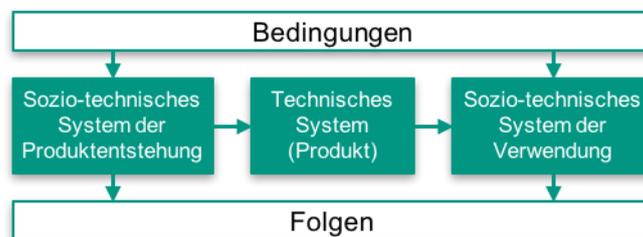


Abbildung 2-3: Sozio-technische Systeme der Entstehung und der Verwendung nach ROPOHL (2009)

Insbesondere um komplexe (technische) Systeme zu beschreiben, zu strukturieren und zu analysieren werden Modelle als Hilfsmittel genutzt. Der allgemeinen Modelltheorie STACHOWIAK (1973) zufolge weisen Modelle drei Hauptmerkmale auf: das *Abbildungsmerkmal*, das *Verkürzungsmerkmal* und das *pragmatische Merkmal* (Stachowiak, 1973, S. 131ff.). Das *Abbildungsmerkmal* beschreibt, dass Modelle stets Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale sind, welche wiederum selbst Modelle sein können. Das *Verkürzungsmerkmal* charakterisiert, dass durch ein Modell nicht alle Attribute des Originals repräsentiert, sondern durch den Modellschaffer oder den Nutzer auf die für ihn relevanten Elemente begrenzt werden. Das *pragmatische Merkmal* wiederum umfasst die Zweckdienlichkeit: Modelle erfüllen eine

Ersetzungsfunktion für bestimmte Subjekte innerhalb bestimmter Zeitintervalle und unter Einschränkung bestimmte gedankliche oder tatsächliche Operationen.

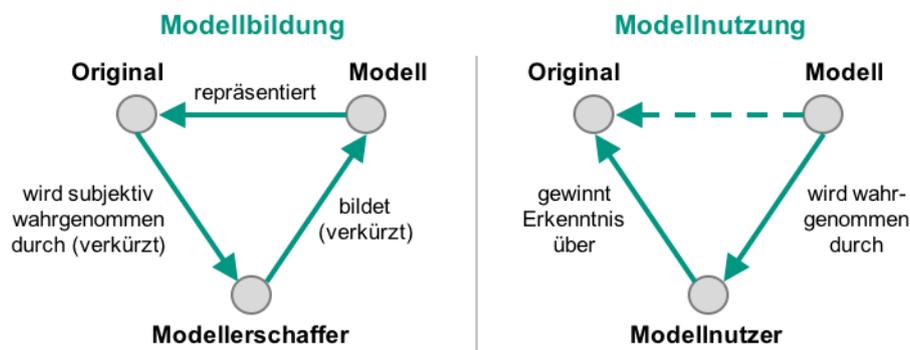


Abbildung 2-4: Modellbildung und Modellnutzung nach LOHMEYER (2012b)

Im Zusammenhang mit der Produktentwicklung definieren ALBERS UND LOHMEYER (2012) die *Durchgängigkeit* von Modellen sowohl horizontal als auch vertikal sowie die *Konsistenz* von Modellen. Die horizontale Durchgängigkeit beschreibt dabei die Verwendung von Modellen über den gesamten Produktlebenszyklus, indem diese kontinuierlich erweitert werden. Die vertikale Durchgängigkeit beschreibt die Einstellbarkeit des Detaillierungsgrades eines Modells je nach Anwendungsfall des Entwicklers. Konsistenz wiederum beschreibt, dass zwei Modelle, welche dasselbe Original repräsentieren, keine widersprüchlichen Aussagen beinhalten dürfen. Insbesondere im Kontext einer interdisziplinären Produktentwicklung ist die Konsistenz von besonderer Bedeutung.

### 2.1.2 Problemlösen in der Produktentstehung

Bei der Entwicklung von Produkten müssen eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben und Probleme gelöst werden. Hierbei steht der denkende und handelnde Mensch im Mittelpunkt. Um das Verständnis für Probleme und Problemlösung im Kontext dieser Arbeit zu diskutieren, werden im Folgenden zunächst allgemeine Grundlagen vorgestellt. Im Anschluss wird das Systemmodell der Produktentstehung – das ZHO-Modell – eingeführt (Albers & Braun, 2011b), welches das grundsätzliche Verständnis von Produktentstehungsprozessen in dieser Arbeit bildet.

#### 2.1.2.1 Grundlagen des Problemlösens

Die Entwicklung und Konstruktion von Produkten ist ALBERS zufolge immer ein mehr oder weniger großes Problem (Albers, Burkardt, Meboldt & Saak, 2005). Ein Problem kann dabei wie folgt von einer Aufgabe abgegrenzt werden: Ein Problem wird zumeist dadurch charakterisiert, dass es zwischen einem unerwünschten Anfangszustand (Ist) und einem gewünschten Endzustand (Soll) eine Barriere gibt, welche es durch eine (gedankliche) Transformation und mit geeigneten Hilfsmitteln zu überwinden gilt (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 56f). Bei einer Aufgabe hingegen sind sowohl

Anfangs- und Endzustand als auch Hilfsmittel und Transformationsregeln bekannt. Damit besteht keine Barriere für den Problemlöser. Probleme lassen sich anhand von Merkmalen charakterisieren. Empfehlungen zur Verbesserung des Problemlösens lassen sich ebenfalls zu diesen Merkmalen zuordnen (vgl. Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Problemmerkmale und Empfehlungen zur Unterstützung der Problemlösung nach FUNKE (2003, S. 125ff.) und VDI 2221 (2018)

Problemmerkmal	Beschreibung	Empfehlung
Intransparenz	Unvollständige oder unklare Informationen zum Ausgangszustand	Möglichst umfassende Sammlung und Verfügbarkeit von Informationen
Vielzieligkeit	Problem mit vielen Zielen, die sich ergänzen und widersprechen können	Priorisierung von Zielen und frühzeitige Berücksichtigung möglicher Zielkonflikte
Vernetztheit	Bestandteile des Problems und der Lösung bedingen sich gegenseitig. Die Veränderung eines Teils hat Auswirkungen auf andere Teile	Fortlaufende Erfassung der vernetzten Abhängigkeiten von Problem- und Lösungsbestandteilen
(Eigen-)Dynamik	Ein Problem verändert sich über die Zeit aufgrund der Bearbeitung oder aufgrund externer Einflüsse	Zeitliche Planung des Vorgehens sowie fortlaufende Kontrolle und Aktualisierung bei neuen Erkenntnissen

Probleme, welche alle charakteristischen Merkmale aufweisen, werden häufig als komplexe Probleme bezeichnet und sind typisch für die Entwicklungspraxis. Aufgrund seiner begrenzten kognitiven Fähigkeiten greift der Mensch bei der Lösung solcher Probleme auf unterschiedliche Strategien zurück. Oftmals wird dabei auf allgemeingültige Problemlösungsprozesse zurückgegriffen. Sie haben das Ziel, durch schrittweise Vorstellung oder Beschreibungen mögliche Lösungen aufzubauen. Im Kern orientieren sich Problemlösungsprozesse dabei zumeist an Modellvorstellungen zu Regelzyklen des menschlichen Denkens und Handelns. Typische Beispiele für solche Regelzyklen sind das TOTE-Schema (Test-Operate-Test-Exit) oder der PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act) (Lindemann, 2009, S. 39f.).

Basierend auf solchen elementaren Regelzyklen können auch umfassendere, auf die Anforderungen der Produktentwicklung zugeschnittene, Problemlösungsmethoden beschrieben werden. Die Problemlösungsmethodik SPALTEN definiert einen solchen Ansatz (Albers, Saak & Burkhardt, 2002). SPALTEN ist ein Akronym und steht für die Aktivitäten der Problemlösung: Situationsanalyse, Problemeingrenzung, Alternative Lösungen, Lösungsauswahl, Tragweitenanalyse, Entscheiden und Umsetzen, Nacharbeiten und Lernen. Durch das systematische Durchschreiten der Teilschritte wird die Problemanalyse, Lösungssuche und Lösungsumsetzung von Problemlösungsteams ermöglicht (Albers et al., 2005). Die einzelnen Aktivitäten geben dem Entwickler einen roten Faden bei der Lösung von Problemen und ermöglichen größere Probleme in kleinere, handhabbare Teilprobleme aufzuspalten. Vor bzw. zwischen jedem SPALTEN-Schritt fordert die Methode eine Überprüfung der vorliegenden Informationen (Informationscheck – IC) und des Problemlösungsteams (PLT). Insbesondere die dynamische Anpassung des PLT ist dabei von

entscheidender Bedeutung (Albers, Reiß, Bursac & Breitschuh, 2016). Abbildung 2-5 fasst die SPALTEN-Problemlösungsmethodik zusammen.

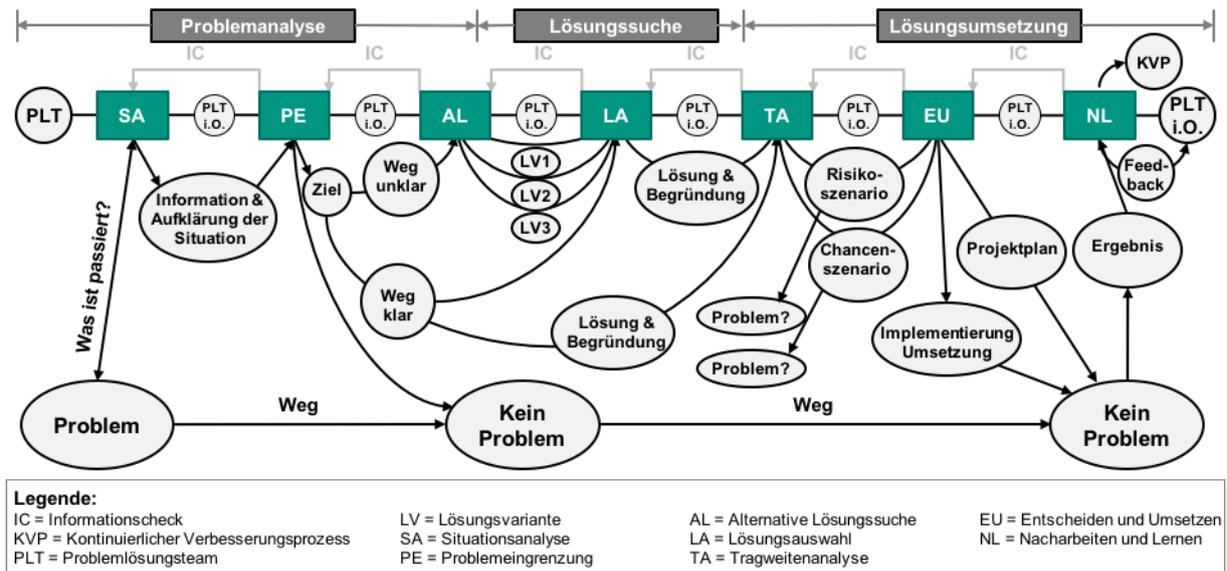


Abbildung 2-5: SPALTEN-Problemlösungsmethodik nach ALBERS ET AL. (2005)

Die SPALTEN-Problemlösungsmethodik zeigt bereits auf, dass eine strikte Abfolge der Problemlösungsaktivitäten in der Realität zumeist nicht gegeben ist. Insbesondere das Problemmerkmal der (Eigen-)Dynamik führt häufig zu bewussten, aber teilweise auch unbewussten, Iterationen. Bei Iterationen werden einzelne Aktivitäten oder auch ein kompletter Prozess wiederholt durchlaufen. Eine Übersicht über charakteristische Gründe für Iterationen findet sich in Tabelle 2-2.

Tabelle 2-2: Gründe für Iterationen nach WYNN, ECKERT & CLARKSON (2007)

Gründe für Iteration	Beschreibung
Exploration	Abwechselndes Erkunden des Problems bzw. der Lösung
Konvergenz	Annäherung an einen gewünschten Zielzustand durch wechselnde Anpassung verschiedener, sich meist gegenseitig beeinflussender, Parameter
Verfeinerung	Optimierung durch sekundäre Produkteigenschaften (z.B. Kosten)
Nachbesserung	Reagieren auf Fehler in der Lösung oder im Vorgehen oder aufgrund einer Anpassung geänderter Randbedingungen
Verhandlung	Klärung von Konflikten zwischen den Zielen unterschiedlicher Beteiligter
Repetition	Wiederholen derselben Aktivitäten an verschiedenen Stellen des Entwicklungsprozesses, um unterschiedliche Ziele zu erreichen.

Iterationen werden meist durch weitere Prinzipien des Problemlösens ergänzt.<sup>2</sup> Die Kombination der drei Grundprinzipien zum *Abstrahieren*, *Zerlegen* und *Variieren* lassen sich in einem Vorgehensraum darstellen (vgl. Abbildung 2-6).

<sup>2</sup> Eine sehr umfassende Übersicht über Prinzipien findet sich auch in der „Theorie des erfinderischen Problemlösens – TRIZ“ (vgl. z.B. Teufelsdorfer & Conrad, 1998)

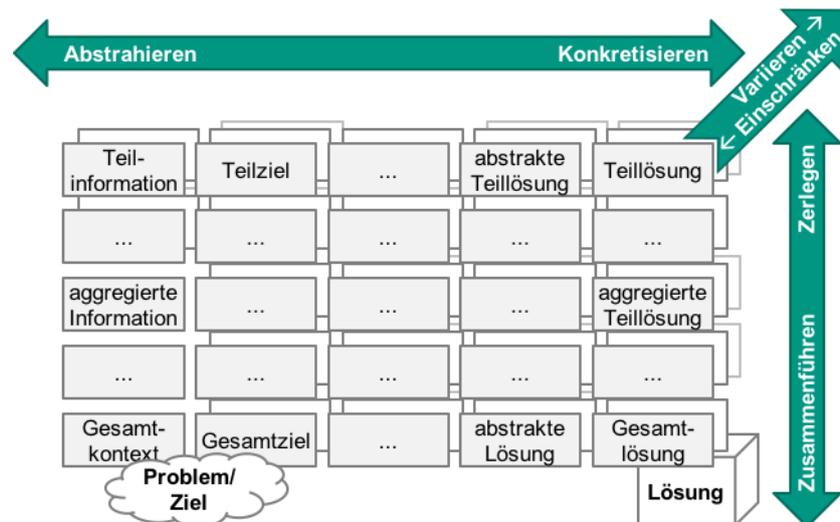


Abbildung 2-6: Vorgehensraum zur Problemlösung nach VDI 2221 (2018)

Das Grundprinzip der Problemzerlegung stellt einen wesentlichen Schritt bei der Lösung komplexer Gesamtprobleme dar, indem Probleme zerlegt und Lösungen zusammengeführt werden (Dörner, 2000). Bei dem Prinzip des Abstrahierens und Konkretisierens wird durch die Betrachtung unterschiedlicher Detaillierungsgrade die Problemlösung unterstützt (Ponn & Lindemann, 2011, S. 24). Der Detaillierungsgrad und der Zerlegungsgrad können daneben noch durch den Variationsgrad ergänzt werden. Dieser bezeichnet „das Denken in Alternativen“, welches den Entwickler dazu bewegen soll, gefundene Lösungen zu hinterfragen und Alternativen zu suchen, um die erfolgversprechendste zu identifizieren (Ponn & Lindemann, 2011, S. 24).

Komplexe Problemlösungsprozesse im Rahmen der Produktentwicklung werden in den seltensten Fällen durch einzelne Personen bearbeitet, sondern durch Problemlösungsteams. Wichtige Grundlagen hierbei sind eine gute Kommunikation und gemeinsam getragene Regeln, sowohl zu zeitbezogenen Vorgaben als auch zu Zuständigkeiten. Eine detaillierte Betrachtung der bereichsübergreifenden Zusammenarbeit im Zielbildungsprozess erfolgt in Abschnitt 2.4.3.

### 2.1.2.2 Systemmodell der Produktentstehung – ZHO-Modell

Mit dem Anspruch ein Modell der Systemtechnik zu entwickeln, das alle Erscheinungen und Probleme beschreibt, mit denen sich der Ingenieur konfrontiert sieht, entwickelte ROPOHL (1975, S. 32f.) den Regelkreis der Ingenieur Tätigkeit. Dieser basiert auf der Allgemeinen Systemtheorie und unterteilt das sozio-technische System der Produktentstehung in drei miteinander wechselwirkende Systeme: Gemäß eines Zielsystems wird in einem Handlungssystem ein Objektsystem (Sachsystem) realisiert (vgl. Abbildung 2-7). Das Handlungssystem beeinflusst dabei das Zielsystem, während wiederum das generierte Objektsystem (Sachsystem) auf das Handlungssystem

zurückwirkt. Dieser Regelkreis der Entwicklungstätigkeit ist in die natürliche, technische, gesellschaftliche Umgebung eingebettet.



Abbildung 2-7: Regelkreis der Ingenieurstätigkeit nach ROPOHL (1975, S. 33)

ALBERS beschreibt aufbauend auf diesem Verständnis die Produktentstehung als Überführung eines zunächst vagen Zielsystems in ein konkretes Objektsystem durch ein Handlungssystem.<sup>3</sup> Die drei Systeme stehen dabei in starker Wechselwirkung miteinander. Die einzelnen Systeme definiert ALBERS wie folgt:

Das *Handlungssystem* ist ein sozio-technisches System, welches sowohl Zielsystem als auch Objektsystem erstellt. Es beinhaltet die Aktivitäten, Methoden und Prozesse, welche hierfür notwendig sind. Außerdem stellt es alle für die Entwicklung notwendigen Ressourcen, wie Budget, Entwickler, Maschinen oder Material bereit (Albers & Braun, 2011a).

Das *Zielsystem* umfasst alle relevanten Ziele, deren Wechselwirkungen sowie Randbedingungen, welche für die Entwicklung des richtigen Produkts erforderlich sind, sowie deren Begründung. Die Ziele beschreiben dabei den gewünschten zukünftigen Zustand des Produktes lösungsoffen (Albers & Braun, 2011a; Ebel, 2015, S. 18). Im Verlauf des Produktlebenszyklus und insbesondere in der Produktentstehung wird das Zielsystem fortwährend erweitert und konkretisiert (Gausemeier, Lindemann, Reinhart, & Wiendahl, 2000). Dabei wird die Lösungsoffenheit mehr und mehr reduziert (Albers & Meboldt, 2006; Meboldt 2008, S. 157).

Das *Objektsystem* enthält alle Dokumente und Artefakte, welche in materieller oder immaterieller Form als Teilergebnis des Entwicklungsprozesses anfallen. Dies können z.B. Zeichnungen, Simulationsmodelle oder Prototypen sein. Mit Abschluss der Entwicklung enthält das vollständige Objektsystem das angestrebte Produkt. Auf Basis von Objekten generiert das Handlungssystem durch Schritte der Analyse und Validierung neue Ziele (Albers & Braun, 2011b; Lohmeyer 2013, S. 24).

Die Interaktion der Systeme des ZHO-Modells folgt dabei drei zentralen Prinzipien. Das *Prinzip der zweckmäßigen Zuordnung* besagt, dass ein Element nicht absolut dem Ziel-, Handlungs- oder Objektsystem zugeordnet ist, sondern relativ ist und vom Zeitpunkt, Zweck und Standpunkt abhängt (Albers & Meboldt, 2006; Meboldt 2008, S. 156). Das *Prinzip der indirekten Wechselwirkung* stellt heraus, dass jede Handlung nur

---

<sup>3</sup> Zweite Hypothese der Produktentstehung nach ALBERS (2010)

vollständig durch das Systemtripler aus Ziel-, Handlungs- und Objektsystem beschrieben werden kann, wobei zwischen Ziel- und Objektsystem nur indirekte Wechselwirkungen über das Handlungssystem bestehen (Albers & Meboldt, 2006; Meboldt 2008, S. 194). Das *Prinzip der doppelten Kontingenz* beschreibt das Verhältnis zwischen Ziel- und Objektsystem, da erst durch ihre gleichwertige Kopplung ein Produkt zielgerichtet entwickelt werden kann (vgl. Abbildung 2-8) (Albers & Meboldt, 2006; Meboldt 2008, S. 195).

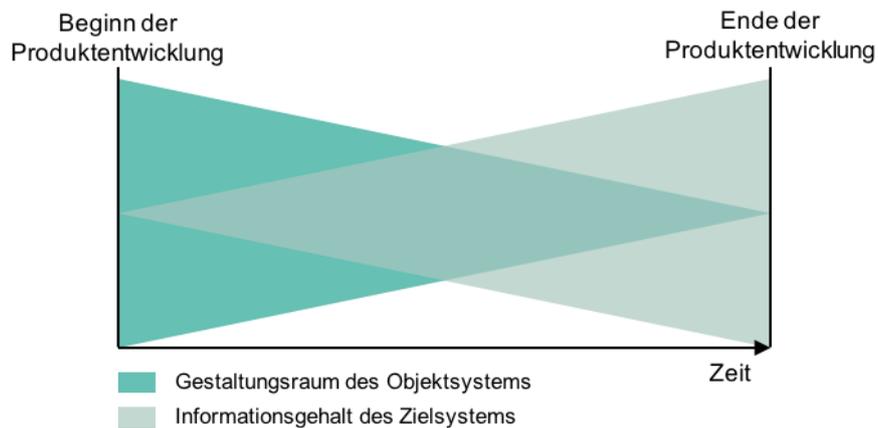


Abbildung 2-8: Prinzip der doppelten Kontingenz von Ziel- und Objektsystem nach ALBERS & MEBOLDT (2006)

Um eine menschenzentrierte Produktentwicklung, in der der Entwickler als denkender und handelnder Mensch im Fokus steht, zu würdigen, stellen ALBERS UND LOHMEYER (2012) das *erweiterte ZHO-Modell* vor (vgl. Abbildung 2-9). Das Handlungssystem wird hierin auf die Wissensbasis und den Lösungsraum verkürzt. Die Wissensbasis besteht aus der Menge an Domänenwissen und fallspezifischem Wissen, welches in einem bestimmten Produktentstehungsprozess bereitsteht. Der Lösungsraum enthält alle zulässigen Lösungen zu einem Problem und dient damit der Modellierung von mentalen, virtuellen und physischen Modellen. In unsicherheitsbehafteten Produktentstehungsprozessen wird durch iteratives Durchlaufen von Analyse- und Syntheseschritten das Ziel- und das Objektsystem co-evolutionär entwickelt. Analyse beschreibt dabei eine Handlung, welche das Verstehen eines existierenden Systems bezweckt und in Erkenntnis resultiert. Synthese beschreibt wiederum das Erschaffen eines neuen Systems und kann sowohl in neuen Zielen als auch Objekten resultieren.

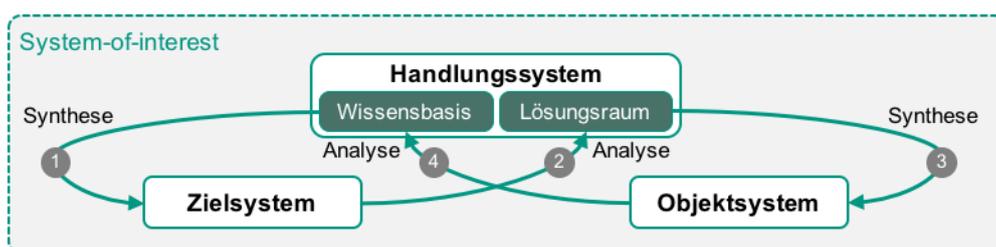


Abbildung 2-9: Das erweiterte ZHO-Modell nach ALBERS, EBEL & LOHMEYER (2012)

Ausgehend von der aktuellen Wissensbasis, z.B. durch die Analyse bestehender Produkte, wird dem erweiterten ZHO-Modell folgend das Zielsystem synthetisiert (1). Die Analyse des Zielsystems bestimmt den individuellen, mentalen Lösungsraum (2), auf dessen Basis Objekte zur Erweiterung des Objektsystems synthetisiert werden (3). Die so gewonnenen Ergebnisse können analysiert werden, was wiederum die Wissensbasis steigert (4) (Albers et al., 2012).

### 2.1.3 Systemisches Verständnis technischer Produkte

In der Produktentstehung werden unterschiedliche Produktmodelle genutzt, welche sich nach unterschiedlichen Kriterien strukturieren lassen. Im Folgenden werden Möglichkeiten zur strukturierten Beschreibung von Produkten diskutiert. Schwerpunkt des Abschnitts bilden die Produkteigenschaften, die im Rahmen der Produktentwicklung eine wesentliche Rolle bei der Berücksichtigung von Kundenanforderungen einnehmen.

#### 2.1.3.1 Strukturierung von Produktmodellen

Produktmodelle können nach ihrem *Konkretisierungsgrad* sortiert werden (vgl. Abschnitt 2.1.2.1). EHRENSPIEL UND MEERKAMM (2013) beschreiben diesen Zusammenhang anhand eines Pyramidenmodells. Es strukturiert das Überführen von Anforderungen in ein Produkt in die Ebenen der *funktionellen Lösungsmöglichkeiten*, der *prinzipiellen physikalischen Lösungsmöglichkeiten* sowie der *gestalterischen und stofflichen Lösungsmöglichkeiten*. Dem Gedanken einer durchgängigen Produktentwicklung folgend, werden zusätzlich die *fertigungs- und montagetechnischen Lösungsmöglichkeiten* der Produktion berücksichtigt (vgl. Abbildung 2-10).

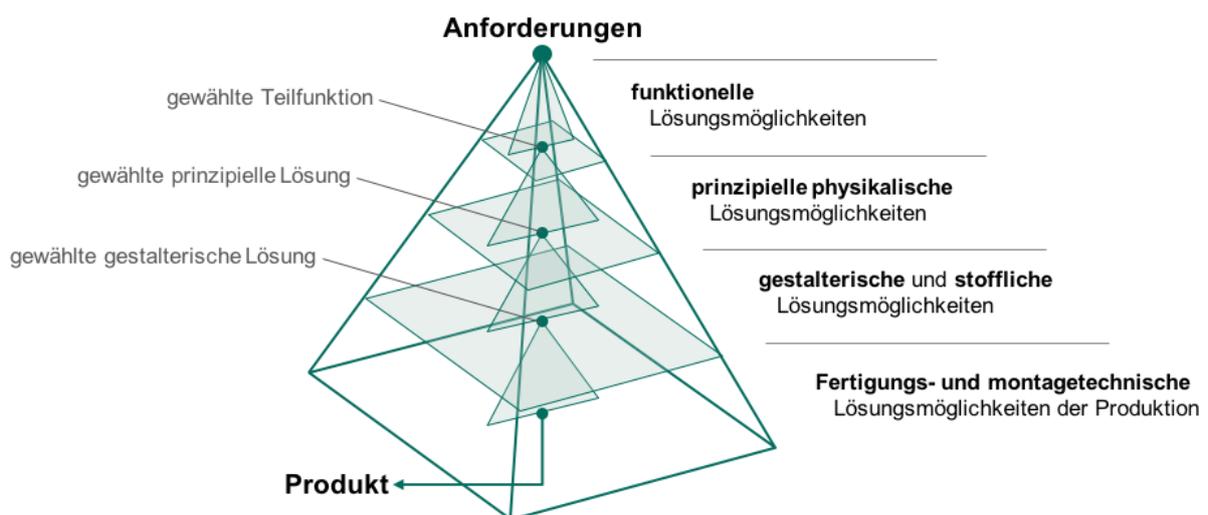


Abbildung 2-10: Pyramidenmodell der Produktkonkretisierung nach EHRENSPIEL & MEERKAMM (2013, S. 39)

Die Pyramidenform soll dabei den Informationszuwachs mit zunehmender Konkretisierung zum Ausdruck bringen (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 40). Neben dem Konkretisierungsgrad muss auch der *Zerlegungsgrad* bei der Beschreibung von Produktmodellen berücksichtigt werden. Dem hierarchischen Konzept der Systemstrukturierung folgend können Systeme zerlegt bzw. detailliert werden. Komplexe Problemstellungen im Entwicklungsprozess lassen sich so in handhabbare Teilprobleme zerlegen (vgl. Abschnitt 2.1.2.1). Das umgekehrte Vorgehen wird als Zusammenfügen bezeichnet und beschreibt damit die Reduzierung des Zerlegungsgrads (Ponn & Lindemann, 2011, S. 25).

In der Literatur wird für Strukturen eines Produktes auf verschiedenen Konkretisierungsebenen der Überbegriff *Produktstruktur* verwendet (Feldhusen, Grote, Göpfert & Tretow, 2013; Ponn & Lindemann, 2011, S. 400). Insbesondere die Unterscheidung in eine funktionale und physische Beschreibung ist dabei von großer Bedeutung (Feldhusen et al., 2013). Die *Funktionsstruktur* beschreibt die funktionalen Zusammenhänge eines Produktes und wird oftmals mit der Kundensicht in Bezug gesetzt. Die *Baustruktur*<sup>4</sup> beschreibt die Beziehung der physischen Bestandteile (Komponenten, Baugruppen) eines Produktes und damit eine mögliche Lösung zur physischen Realisierung der geforderten Produktfunktionen. Die Beziehung zwischen den Produktfunktionen und den Komponenten wird durch die *Wirkstruktur* abgebildet und beschreibt damit, durch welche spezifischen Komponenten eine bestimmte Funktion realisiert wird (Albers & Matthiesen, 2002; Matthiesen, 2002, S. 51). Die Produktarchitektur (auch Systemarchitektur (Ponn & Lindemann, 2011, S. 57)) setzt die Strukturen in Beziehung. Sie legt fest, welche Funktion auf welche Weise durch welchen Funktionsträger (Baustruktur) erfüllt werden soll (Ulrich, 1995). Abbildung 2-11 illustriert die beschriebenen Zusammenhänge innerhalb der Produktarchitektur.

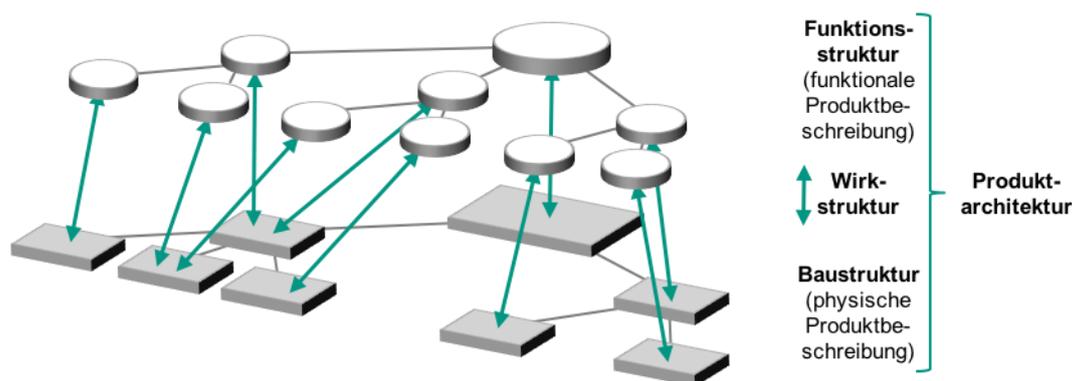


Abbildung 2-11: Produktarchitektur zur Beschreibung der Beziehungen zwischen Funktions- und Baustruktur nach PAHL, BEITZ, FELDHUSEN & GROTE (2007, S. 685)

<sup>4</sup> teilweise wird anstelle des Begriffs „Baustruktur“ auch der Begriff „Produktstruktur“ (vgl. Feldhusen et al., 2013) verwendet. In dieser Arbeit sollen die Begriffe jedoch getrennt betrachtet werden.

Göpfert zufolge ist die Erstellung der Produktarchitektur eine wesentliche Aufgabe der Produktentwicklung. Sie kann als Transformation der funktionalen in eine physikalische Produktbeschreibung verstanden werden (Göpfert, 1998, S. 73ff.). In einem Idealprozess wird dabei von einer Funktionsstruktur ausgehend die Baustruktur abgeleitet. In der Praxis wird dieses Vorgehen häufig als „funktionsorientierte Produktentwicklung“ bezeichnet. Die Komplexität und der Konkretisierungsgrad der betrachteten Funktionen kann dabei jedoch deutlich variieren.

### Abstraktionsgrade der Produktmodellierung

Um Synergien in der Entwicklung von Produkten zu heben, werden Baukästen genutzt. ALBERS zufolge sind Baukästen eine Menge technischer Subsysteme, die einem zugehörigen Regelwerk folgen – mit dem Ziel, aus diesen Subsystemen technische Systeme mit einer jeweils unterschiedlichen Menge aller Funktionen konfigurieren zu können (Albers, Scherer, Bursac, & Rachenkova, 2015a). Um die Nutzung vorhandenen Wissens über Produkte im Rahmen der Baukastenentwicklung effizient zu gestalten, strukturieren ALBERS ET AL. (2014a) im Produktmodellierungs-Framework die unterschiedlichen Abstraktionsgrade von Produktmodellen anhand zweier Dimensionen (vgl. Abbildung 2-12)

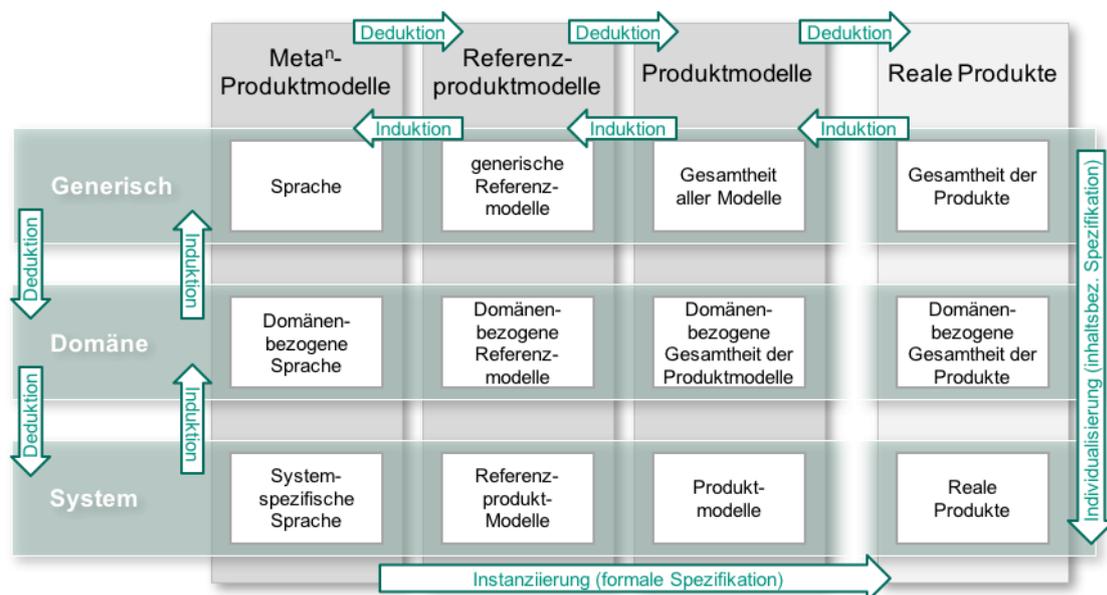


Abbildung 2-12: Produktmodellierungs-Framework nach ALBERS ET AL. (2014a)

Die Konkretisierung wird horizontal anhand der Instanziierung der Produktmodelle, also der formalen Spezifizierung, beschrieben. Hieraus lassen sich die Abstraktionsgrade Meta-Produktmodelle, Referenzproduktmodelle, Produktmodelle und das reale Produkt kategorisieren. Von abstrakten zu konkreteren Produktmodellen kommt man durch Deduktion, der umgekehrte Fall wird als Induktion bezeichnet. Die zweite Dimension im Framework beschreibt die Abstraktion anhand der Individualisierung der Produktmodelle (vertikal). Sie lässt sich in generisch, domänen-

spezifisch und systemspezifisch unterteilen. Generische Modelle haben dabei den Anspruch, auf Anwendungsfälle unterschiedlicher Domänen übertragen werden zu können. Domänenspezifisch beschreibt eine kontextuelle Klassifizierung, wie z.B. eine Branche oder eine bestimmte Ingenieursdisziplin. Auf der Systemebene befindet sich das entsprechend zu modellierende Produkt.

Insgesamt ergeben sich aus der Strukturierung zwölf Felder, welchen verschiedene Arten der Modellierung technischer Systeme zugeordnet werden können. Am abstraktesten ist dabei die gemeinsame Modellierungssprache. Das konkreteste „Produktmodell“ ist das reale Produkt, aus dessen Analyse z.B. Erkenntnisse für Produktmodelle (anderer Produkte) gewonnen werden können (Albers et al., 2014a; Bursac, 2016, S. 116ff.).

### 2.1.3.2 Eigenschaften technischer Systeme

Der Zweck eines Produktes wird insbesondere durch seine Funktion begründet (Albers & Wintergerst, 2014; Wintergerst, 2015, S. 32ff.). Diese beschreibt das Produktverhalten jedoch nicht vollständig. Die Eigenschaft Wartungsfreiheit ist z.B. keine Funktion, konkretisiert jedoch wie sich ein Produkt bei der Nutzung verhält. Um Produkte ganzheitlich zu beschreiben reicht es also nicht, die Funktionen im Sinne des beabsichtigten Zwecks zu fokussieren, sondern ebenso die funktionsbestimmenden Eigenschaften müssen betrachtet werden (Roozenburg, 2002).

Technische Systeme können anhand ihrer Eigenschaften klassifiziert werden. Dem Duden nach beschreibt eine Eigenschaft ein „zum Wesen einer [...] Sache gehörendes Merkmal“<sup>5</sup>. Grundsätzlich lässt sich dieses Verständnis auch auf die Eigenschaften technischer Systeme übertragen. Dennoch existiert in der Literatur zur Produktentwicklung kein einheitliches Begriffsverständnis. Dies liegt nur insofern vor, als dass unter Eigenschaften Charakteristika verstanden werden, die einem technischen System zu eigen sind und im Besonderen kennzeichnen (DIN 2330, 2013).

Auf HUBKA (1984, S. 97ff.) geht ein frühes Eigenschaftsverständnis in der Produktentwicklung zurück. Er beschreibt Eigenschaften als ein produktcharakterisierendes Merkmal und unterscheidet dabei in unmittelbar durch die Konstruktion festgelegte (externe Eigenschaften) und interne Eigenschaften, wie grundlegende Wirkprinzipien oder Geometrien. EHRENSPIEL UND MEERKAMM, LINDEMANN UND PONN sowie BIRKHOFFER teilen diese Ansicht und beschreiben direkt und indirekt beeinflussbare Eigenschaften. HERRMANN (1998, S. 138) orientiert sich an einem allgemeingültigeren Eigenschaftsverständnis und betont, dass Produkte mit

---

<sup>5</sup> <http://www.duden.de/rechtschreibung/Eigenschaft>, 17.09.2016, 12:00 Uhr

gleichen oder ähnlichen Eigenschaften in Beziehung zueinanderstehen und verglichen werden können. EHRENSPIEL UND MEERKAMM (2013, S. 30) teilen die Meinung, dass ähnliche technische Systeme anhand von Eigenschaften gruppiert und verglichen werden können. Sie definieren Eigenschaften grundsätzlich als „alles, was durch Beobachtungen, Messergebnisse, allgemein akzeptierte Aussage usw. von einem Gegenstand festgehalten werden kann“ (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 30). Aufbauend auf dem Verständnis von ANDREASEN (1980), nutzt WEBER im Characteristics-Properties-Modelling (CPM) den Merkmalsbegriff (property), um die gestalterische Ebene des Entwicklers zu beschreiben. Produkteigenschaften (characteristics) hingegen beschreiben das für den Kunden relevante Verhalten des Produkts, welches nicht vom Produktentwickler direkt festgelegt werden kann (Weber, 2012; 2014). Auch KEENEY UND GREGORY (2005) sehen Eigenschaften weniger als gestaltbare Dimension, sondern vielmehr als Beurteilungskriterium für die Zielerreichung. STEINER (2007, S. 153) unterstreicht die Relevanz von Eigenschaften als Beurteilungskriterien, da diese insbesondere in Präferenzmessung von Kunden eine entscheidende Rolle spielen. Jedoch ist zu differenzieren, dass Eigenschaften zwar dem Vergleich von Produkten dienen, dem Produkt jedoch nicht „eigen“ sind. Es sind die Ausprägungen der Eigenschaften, welche dem Produkt „eigen“ sind und damit erst den Vergleich von Produkten sinnvoll ermöglichen (vgl. Abbildung 2-13). Auch EHRENSPIEL UND MEERKAMM differenzieren zwischen Eigenschaften und Ausprägungen (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 30). Wintergerst (2015, S. 57f.) zeigt in einer umfassenden Literaturrecherche, dass der Eigenschaftsbegriff übergreifend dazu verwendet wird, um Verhalten, Fähigkeiten, Funktionen und Beziehungen technischer Systeme in und zu ihrer Umgebung zu beschreiben.

Ausprägungen		
Produkteigenschaften	Fahrzeug A	Fahrzeug B
<b>Beschleunigung</b>	schnell	langsam
<b>Alltagstauglichkeit</b>	400 Liter Kofferraumvolumen	500 Liter Kofferraumvolumen
<b>Design</b>	sportlich	praktisch

Abbildung 2-13: Beispiele für Produkteigenschaften und Ausprägungen

### Klassifizierung von Eigenschaften

ALBERS UND WINTERGERST (2014) unterscheiden im *Contact and Channel Approach* (C&C<sup>2</sup>-A) zwischen (1) Gestalteigenschaften, (2) Wirkungseigenschaften und (3) Funktionseigenschaften. Gestalteigenschaften definieren dabei die geometrische, räumliche und stoffliche Beschaffenheit von Wirkflächen und Leitstützstrukturen.

Wirkungseigenschaften beschreiben die Wirkung in einem Wirkflächenpaar oder einer Leitstützstruktur. Funktionseigenschaften wiederum beschreiben die Summe aller Eigenschaften resultierend aus der an einer Funktion beteiligten Wirkungen. LINDEMANN (2009, S. 160) und EHRENSPIEL UND MEERKAMM (2013, S. 30) verwenden Eigenschaften zur Beschreibung der (1) Gestalt, (2) Funktionserfüllung und (3) Relationen des technischen Produkts zu seiner Umwelt. Die Beschaffenheit wird vom Konstrukteur festgelegt und kann am Produkt selbst festgestellt werden. Funktionseigenschaften beschreiben den gewollten Zweck eines Produkts, werden aber nur mittelbar festgelegt. Relationseigenschaften gewinnen erst im Zusammenhang mit anderen Systemen (oder Menschen) an Bedeutung (vgl. Abbildung 2-14) (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 30).

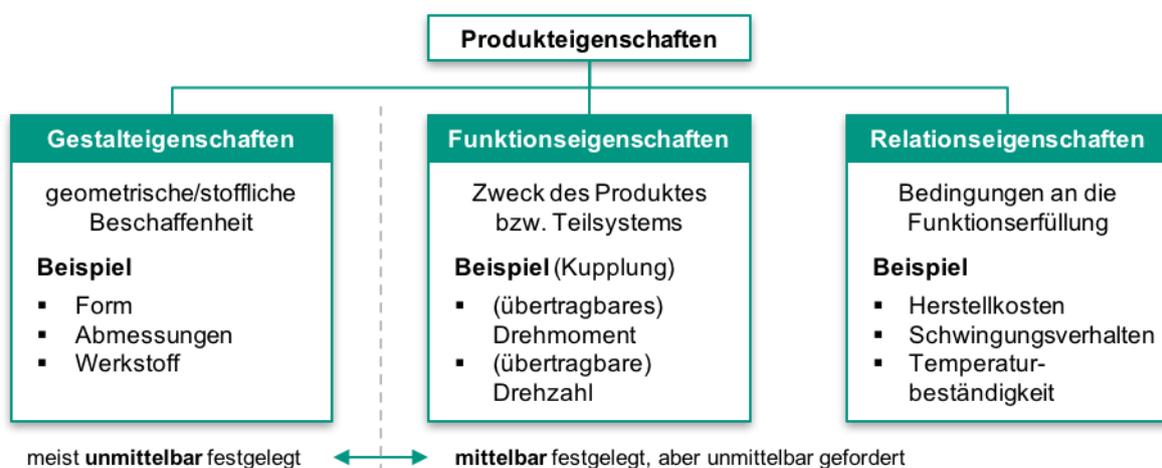


Abbildung 2-14: Gliederung von Produkteigenschaften nach EHRENSPIEL & MEERKAMM (2013, S. 31)

HUBKA (1984, S. 103ff.) unterscheidet Eigenschaften je nach Perspektive in der Produktentstehung in (1) Fähigkeiten, die das Produkt besitzt, (2) notwendige Bedingungen zur Funktionserfüllung, (3) Betriebseigenschaften wie Zuverlässigkeit, Lebensdauer etc., (4) Ergonomie, (5) äußeres Erscheinungsbild, (6) Distribution, (7) Lieferung und Planung, (8) Gesetzeskonformität, (9) Fertigbarkeit und Montagegerechtigkeit, (10) Konstruktionsmerkmale, (11) Kosten und (12) die Herstellung betreffende Eigenschaften. Steiner (2007, S. 155ff.) gibt im Rahmen seiner Analyse zu Möglichkeiten der Präferenzmessung eine Übersicht von Eigenschaftsarten, welche es aus der Sicht des Kunden zu unterscheiden gilt (vgl. Tabelle 2-3).

Tabelle 2-3: Möglichkeiten zur kundenorientierten Klassifizierung von Eigenschaften nach STEINER (2007, S. 155ff.)

Eigenschaftsarten	Beschreibung
Informationsökonomische Eigenschaftstypologie	Unterscheidung nach der Informationsasymmetrie zwischen Hersteller und Kunde (Such-, Erfahrungs- und Vertrauenseigenschaften)
Extrinsische und intrinsische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intrinsisch: physische bzw. funktionale Eigenschaften verändern die Ausprägungen des Produkts (Anpassung der Motorleistung zur Steigerung der Beschleunigung)</li> <li>▪ Extrinsisch: kein direkter Zusammenhang (Marke, Preis oder Test-Bewertungen)</li> </ul>
Qualitative & quantitative Eigenschaften	Unterscheidung nach dem Skalenniveau der Eigenschaftsausprägung: nominal (keine Reihenfolgenbildung möglich), ordinal und quantitativ
Eigenschaften im Rahmen der Kaufentscheidung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schwelleneigenschaften: Mindestanforderungen an ein Produkt (Ablehnungsgründe)</li> <li>▪ Trade-Off Eigenschaften: Eigenschaften, die gegeneinander aufgewogen werden</li> <li>▪ Added-Value Eigenschaften: Eigenschaften, die über den Grundnutzen hinaus gehen</li> </ul>
Substantielle, erweiterte und generische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Substantiell: technisch-konstruktive sowie physisch-chemische Eigenschaften</li> <li>▪ Erweitert: System zur Problemlösung (bspw. Zusatzdienstleistungen, Garantien, ...)</li> <li>▪ Generisch: Der Nutzen des Produkts (Nutzenvorstellung des Kunden)</li> </ul>
Objektive und subjektive Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Objektiv: physisch/ökonomisch, diskrete Ausprägung anhand von Zahlen (PS, Preis)</li> <li>▪ Subjektiv: Interpretationsmöglichkeiten der Ausprägung (elegante Form), Unterteilung in Produktbezug (geringe Kosten) und Personenbezug (Prestige)</li> </ul>

PONN UND LINDEMANN (2011, S. 30) zeigen ebenfalls, dass das Eigenschaftsverständnis zwischen Kunden bzw. Anwender und Produkthersteller variiert und unterscheiden in unmittelbar dem Hersteller und unmittelbar dem Anwender dienende Eigenschaften. Diese Unterscheidung aufgreifend werden kundenerlebbare Produkteigenschaften<sup>6</sup> definiert, welche das übergeordnete Eigenschaftsverständnis aus der Literatur nutzen und die Perspektive des Kunden bzw. Anwender fokussieren (Albers, Heitger, Haug, Fahl, Hirschter & Bursac, 2018c):

**Definition: Kundenerlebbare Produkteigenschaften**

*Kundenerlebbare Produkteigenschaften* sind Produkteigenschaften, welche das Verhalten des technischen Gesamtsystems aus Sicht des Kunden bzw. Anwenders beschreiben. Sie ermöglichen dem Kunden bzw. Anwender (ähnliche) Produkte subjektiv, zum Teil objektiviert, miteinander zu vergleichen und damit Produktdifferenzierung zu beschreiben.

Kundenerlebbare Eigenschaften sind damit eine Teilmenge der Eigenschaften eines Produktes. Sie können sowohl Gestalt-, Funktions- als auch Relationseigenschaften umfassen und dienen dem individuellen Kunden bzw. Anwender dazu, Produkte zu vergleichen. Für viele Produkte gibt es Eigenschaften, welche sich für den Vergleich

<sup>6</sup> Im Folgenden werden die Begriffe „kundenerlebbare Produkteigenschaften“, „Produkteigenschaften“, und „Gesamtfahrzeugeigenschaften“ synonym verwendet

etabliert haben (z.B. der Preis ist bei fast allen Produkten eine relevante Eigenschaft). Oftmals sind bestimmte Eigenschaften jedoch spezifisch für eine Kundengruppe von Interesse (z.B. interessiert den Rennfahrer die Beschleunigung von 0 auf 100 km/h, den Familienvater voraussichtlich das Kofferraumvolumen eines Fahrzeugs).

Die vom Kunden bzw. Anwender wahrgenommenen Produkteigenschaften stellen eine zentrale Verbindung zwischen ihm und dem Produkt sowie im erweiterten Sinne mit dem Unternehmen her. Sie entscheiden über den Wert des Produktes für den Kunden. Durch die Gegenüberstellung mit den für ihn entstehenden Kosten wird bei positiver Nutzenbewertung die Kaufentscheidung getroffen. Gleichzeitig werden die Produkteigenschaften durch Komponenten realisiert, welche maßgeblich für die Kosten eines Produktes verantwortlich sind (vgl. Abbildung 2-15) (Schubert, Heller & Feldhusen, 2012).



Abbildung 2-15: Abhängigkeiten zwischen Produkt, Kunde und Unternehmen nach SCHUBERT, HELLER & FELDHUSEN (2012)

Die Funktionsweise eines Subsystems kann nicht unabhängig vom Gesamtsystem validiert werden, da die Bedarfserfüllung nur durch das Gesamtsystem erfüllt wird (Albers, Fischer, Klingler & Behrendt, 2014b). ALBERS, BEHRENDT, KLINGLER UND MATROS (2016a) beschreiben dieses Verständnis im *IPEK-X-in-the-Loop-Ansatz*, in welchem nicht nur die Wechselwirkungen eines Teilsystems im Verbund mit dem Gesamtsystem, sondern auch mit der Umgebung und anderen interagierenden Systemen, wie dem Anwender, berücksichtigt werden. Operationalisiert wird dieses Verständnis durch das *IPEK-X-in-the-Loop-Framework* (XiL-Framework). Das „X“ beschreibt dabei das (Teil-)System, welches im Fokus einer spezifischen Validierungsaktivität steht und wird als *System in Development* bezeichnet (Albers et al., 2016a).

Eigenschaften beschreiben nicht nur das Verhalten des Gesamtsystems, sondern auch das der Subsysteme. Funktionseigenschaften beschreiben die Elemente der Funktionsstruktur (Funktionen). Gestalteigenschaften hingegen beschreiben die Elemente der Baustruktur (Komponenten).<sup>7</sup> Relationseigenschaften ergeben sich aus

<sup>7</sup> vgl. Abschnitt 2.1.3.1

der Wechselwirkung mit der Systemumwelt und werden sowohl durch die Funktionsstruktur als auch die Baustruktur direkt oder indirekt beeinflusst. Basierend auf den Eigenschaften eines Subsystems lassen sich auch die Eigenschaften des Gesamtsystems beschreiben. Die unterschiedlichen Eigenschaftsarten des Subsystems beeinflussen die Eigenschaftsausprägungen des Gesamtsystems. Zwischen Gestalteeigenschaften und Funktionseigenschaften bestehen dabei enge Beziehungen (z.B. die Gestalteeigenschaft „Form des Zylinders“ hat Auswirkungen auf die Funktionseigenschaft „maximales Drehmoment“ der Funktion „Drehmoment übertragen“ des Motors). Abbildung 2-16 zeigt diese Zusammenhänge anhand eines Beispiels aus dem Fahrwerk auf.

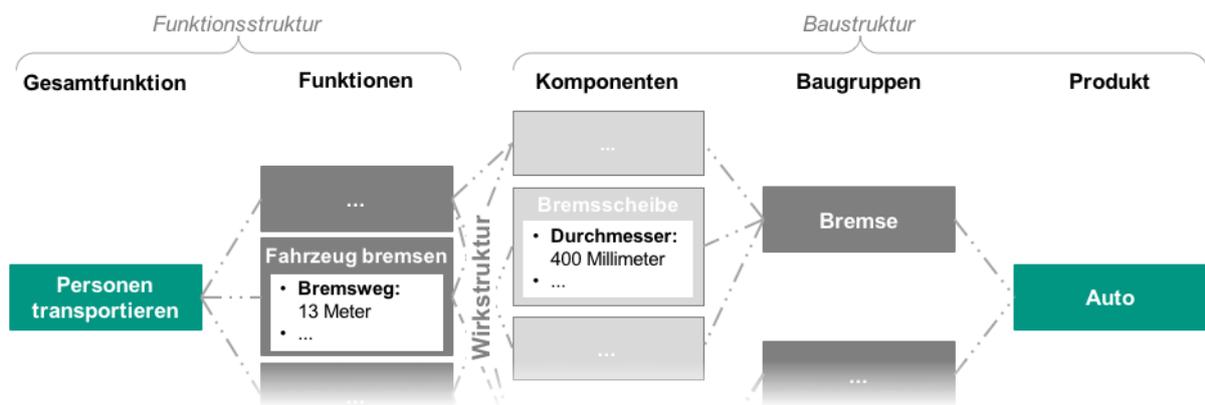


Abbildung 2-16: Einfluss der Produktstruktur auf Produkteigenschaften nach FELDHUSEN ET AL. (2013)

Die Ausführungen zeigen, dass der Eigenschafts- und der Merkmalsbegriff in der Literatur nicht stringent getrennt werden (Wintergerst, 2015, S. 58ff.). Oftmals werden beide Begriffe sogar synonym verwendet. Die DIN 2330 (2013) verwendet z.B. den Merkmalsbegriff, wenn keine Eigenschaftsausprägung angegeben wird. Auch BIRKHOFFER und LINDEMANN nutzen dieses Verständnis und nutzen damit Merkmale als qualitative Beschreibungsform einer Eigenschaft (Birkhofer, 1980; Lindemann, 2009, S. 160). Der Duden beschreibt ein Merkmal als ein „charakteristisches, unterscheidendes Zeichen, an dem eine bestimmte [...] Sache, auch ein Zustand erkennbar wird“.<sup>8</sup> Merkmale sind demnach besondere Eigenschaften, welche z.B. aufgrund ihrer auffälligen Ausprägung die Differenzierung zwischen anderen oder ähnlichen Objekten ermöglichen. Der Duden gibt die „technischen Merkmale eines Fahrzeugs“<sup>9</sup> als Beispiel an, welche es ermöglichen, unterschiedliche Fahrzeuge zu differenzieren. Auch EHRENSPIEL UND MEERKAMM (2013, S. 30) nutzen den Merkmalsbegriff, um besondere Eigenschaften hervorzuheben. WINTERGERST (2015,

<sup>8</sup> <http://www.duden.de/rechtschreibung/Merkmal>, 17.09.2016, 12:00 Uhr

<sup>9</sup> <http://www.duden.de/rechtschreibung/Merkmal>, 17.09.2016, 12:00 Uhr

S. 57f.) zeigt in einer umfangreichen Studie, dass insbesondere in den Konstruktionswissenschaften das Verständnis verbreitet ist, dass Merkmale die Produktgestalt und damit die Stellgrößen beschreiben. Eigenschaften beschreiben demgegenüber das Produktverhalten und sind damit Folgegrößen. Diese Beziehung lässt sich jedoch durch die unterschiedlichen Eigenschaftsarten, insbesondere Gestalt- und Funktionseigenschaften, abbilden (Albers & Wintergerst, 2014). So stellen in der Produktentwicklung Gestalteigenschaften in der Regel Stellgrößen dar, während Funktionseigenschaften in den meisten Fällen als Folgegrößen zu begreifen sind.<sup>10</sup> Auch, wenn im Kontext dieser Arbeit die Nutzung des Begriffs Merkmal als nicht notwendig betrachtet wird, ist zur Beschreibung von Produktdifferenzierung in der Literatur, aber vor allem in der Praxis, der Begriff Differenzierungsmerkmal gebräuchlich. Dieser ist jedoch unspezifisch und fasst nach dem obigen Verständnis lediglich sämtliche Arten von unterschiedlichen Eigenschaftsausprägungen zusammen.<sup>11</sup> Besonders relevante Merkmale bzw. Eigenschaften für eine (positive) Differenzierung werden auch als *Alleinstellungsmerkmal*<sup>12</sup> bezeichnet. Diese wiederum zeichnen sich dadurch aus, dass sie kaum oder gar nicht kopierbar für den Wettbewerb sind, da sie häufig mit den Kernkompetenzen eines Unternehmens in Verbindung stehen (Hamel & Prahalad, 1994).

### 2.1.4 Zwischenfazit

Der denkende und handelnde Mensch nimmt in der Entwicklung von Produkten eine Schlüsselrolle ein. Seine Fähigkeiten zur Problemlösung sind entscheidend für den Erfolg der Produktentwicklung und müssen bedarfsgerecht methodisch unterstützt werden. Für die Beschreibung komplexer, mechatronischer Produkte ist daher ein systemisches Verständnis unerlässlich. Produktmodelle ermöglichen die Abstraktion und Konkretisierung gemäß den situationsspezifischen Anforderungen und zeigen in Form von Hierarchien die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Ebenen, welche durch unterschiedliche Anspruchsgruppen bedient werden. Das ZHO-Modell stellt das Rahmenwerk für eine menschenzentrierte, systemische Beschreibung von Produktentstehungsprozessen bereit. Produkteigenschaften stellen eine Beschreibungsform von Produkten dar, welche im Kontext frühzeitiger Zielbildungsaktivitäten Produkte charakterisieren und insbesondere den Kunden- und Anwendernutzen im Zielsystem adressieren. Für Zielbildungsaktivitäten in der „Frühen Phase“ von Entwicklungsprozessen ermöglichen sie damit eine lösungsoffene Beschreibung von Differenzierungszielen, ohne den technischen Lösungsraum zu früh

---

<sup>10</sup> daher sollen Merkmale im Kontext dieser Arbeit synonym zu Eigenschaften verstanden werden

<sup>11</sup> zur besseren Unterscheidung kann bei dem bewussten Vergleich von Eigenschaftsausprägungen von „Eigenschaftsdifferenzierung“ gesprochen werden. Dies ist in der Literatur jedoch nicht üblich.

<sup>12</sup> engl. Unique Selling Proposition oder Unique Selling Point (USP)

einzuschränken und damit möglicherweise Effizienz- und Innovationspotenziale auszuschließen.

## 2.2 Innovationsverständnis im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Innovationen stellen einen kritischen Erfolgsfaktor für die Entwicklung von Produkten dar. Um Aktivitäten zu unterstützen, welche das Innovationspotenzial steigern und gleichzeitig das Risiko von gescheiterten Produkten minimieren, bildet das Verständnis der PGE – Produktgenerationsentwicklung ein mögliches Beschreibungsmodell für die Produktentwicklung. Bevor die PGE in Abschnitt 2.2.2 erläutert und die wesentlichen Bestandteile definiert werden, wird zuvor das grundsätzliche Innovationsverständnis in der Literatur vorgestellt und einer Diskussion zugänglich gemacht.

### 2.2.1 Innovationsbegriff und Innovationsverständnis

Der Innovationsbegriff ist auf SCHUMPETER (1939) zurückzuführen und beschreibt die erfolgreiche Etablierung einer Invention, also einer Erfindung, am Markt. Innovationen sind demzufolge notwendig für Unternehmen, um nachhaltig erfolgreich zu sein und haben weitreichenden Einfluss auf Strukturen und Prozesse (vgl. z.B. Souder & Chakrabarti, 1980; Johne & Snelson, 1988). Dem Verständnis von ALBERS folgend ist neben der Invention und Diffusion der Erfolg einer Innovation insbesondere vom Produktprofil sowie der zielgerichteten Markteinführung abhängig (vgl. Abbildung 2-17).

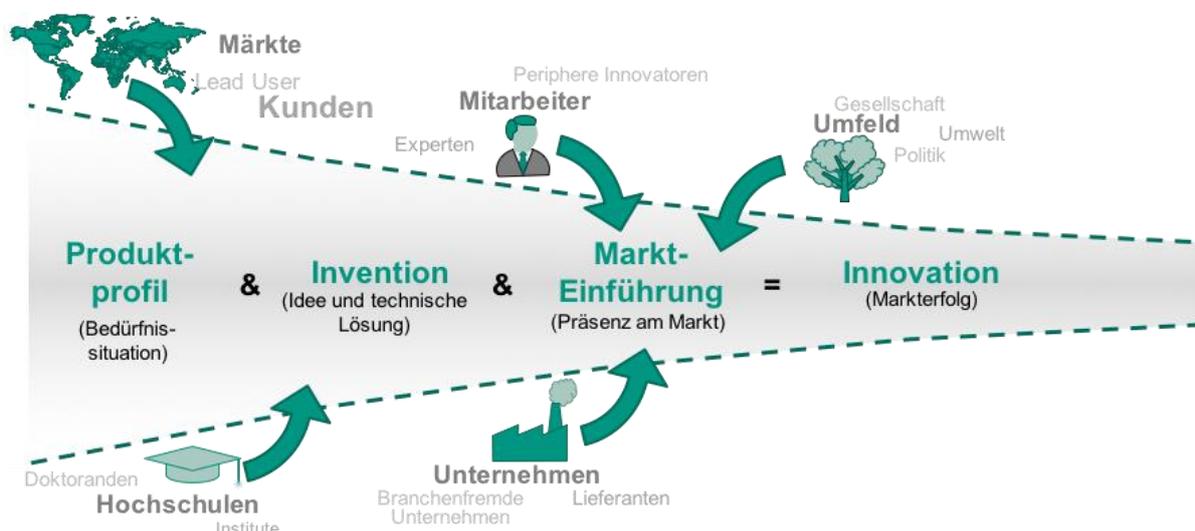


Abbildung 2-17: Innovationsverständnis nach ALBERS ET AL. (2018a)

Die Beschreibung der Bedürfnissituation steigert das Innovationspotenzial nachhaltig. Hierfür nimmt das Produktprofil eine Schlüsselrolle ein (Albers, Gladysz, Heitger & Wilmsen, 2016b). Das Produktprofil wird dabei wie folgt definiert:

**Definition: Produktprofil (Albers, Heitger et al. 2018b)**

Ein Produktprofil ist ein Modell eines Nutzenbündels, das den angestrebten Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen für die Validierung zugänglich macht und den Lösungsraum für die Gestaltung einer Produktgeneration explizit vorgibt. Ein Nutzenbündel wird hierbei verstanden als eine Gesamtheit aus Produkten und Dienstleistungen, welches mit dem Zweck erstellt wird, an einen Kunden verkauft zu werden und für ihn direkt oder indirekt – z.B. für von ihm berücksichtigte Anwender oder für seine Kunden – Nutzen zu stiften.

Grundsätzlich lässt sich der Innovationsbegriff in *Produkt-* und *Prozessinnovationen* unterscheiden (Utterback & Abernathy, 1975). Erstgenannte beschreiben neue oder verbesserte Leistungen eines Produktes und erfüllen neue oder vorhandene Zwecke auf eine neuartige Weise. Letztgenannte beschreiben Optimierungen bestehender Abläufe im Unternehmen, um indirekt die Leistungen für den Kunden oder Anwender zu verbessern (bspw. Kosten). Diese Unterscheidung wird jedoch insbesondere im Kontext von *Dienstleistungsinnovationen* zunehmend in Frage gestellt (Hauschildt, Salomo, Schultz & Kock, 2016, S. 6f.).

Innovationen werden außerdem oftmals anhand des Grads der Veränderung eines bestehenden Produktes oder dem sogenannten *Neuigkeitsgrad* differenziert (Johannessen, Olsen & Lumpkin, 2001). Hieraus resultieren die vor allem im Innovationsmanagement etablierten Einteilungen nach *inkrementellen* und *radikalen Innovationen* (vgl. z.B. Ettlie, Bridges & O'keefe, 1984; Dewar & Dutton, 1986). HENDERSON UND CLARK (1990) greifen diese Einteilung auf und präzisieren sie anhand der Veränderung in der Produktarchitektur:

- *Inkrementelle Innovationen* entstehen durch eine begrenzte Veränderung von Komponenten und ihre Beziehungen zueinander. Das technische und ökonomische Risiko ist daher zwar vergleichsweise gering, ebenso jedoch das wirtschaftliche Potenzial.
- *Architekturelle Innovationen* ergeben sich aus einer Neuordnung bekannter und etablierter Funktionseinheiten. Aufgrund der andersartigen Funktionserfüllung können wirtschaftliche Potenziale bei gleichzeitig moderatem technischen und ökonomischen Risiko entstehen.
- *Modulare Innovationen* entstehen durch den Austausch von Sub-Systemen innerhalb einer bestehenden Systemstruktur. Zwar ist damit ein erhöhtes wirtschaftliches Potenzial verbunden, aber auch die Risiken im Rahmen der Umsetzung steigen.
- *Radikale Innovationen* beschreiben die Entwicklung einer neuen Systemstruktur unter Verwendung neuer Sub-Systeme. Der Entwicklungsprozess ist deutlich

unsicherheitsbehafteter und birgt ein hohes Risiko. Eine erfolgreiche Markteinführung besitzt jedoch großes wirtschaftliches Potenzial – z.B. aufgrund möglicher Alleinstellungsmerkmale.

Ein Problem dieser Klassifizierungen von Innovationen ist, dass diese nur retrospektiv nach erfolgreicher Einführung im Markt vorgenommen werden können (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015b). Neben der technischen Neuerung, der Invention, ist das zweite Merkmal einer Innovation die erfolgreiche Marktdiffusion. Entscheidend dabei ist, ob das angebotene Leistungsbündel die Nutzenerwartung des Kunden erreicht oder sogar übertrifft und damit zu einer Kaufentscheidung führt. Nach KANO ET AL. (1984) beeinflussen die Eigenschaften eines Produktes<sup>13</sup> die Kundenzufriedenheit, welche in Relation mit dessen Leistung stehen (vgl. Abbildung 2-18).<sup>14</sup> Damit beschreiben die Merkmale nach KANO das Differenzierungs- und somit auch das Kommunikationspotenzial gegenüber Kunden.

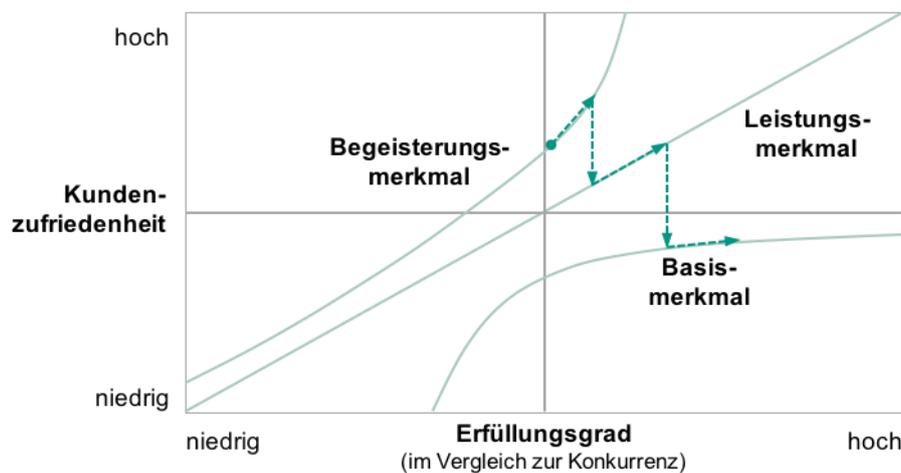


Abbildung 2-18: Kano-Modell nach KANO ET AL. (1984)

*Basismerkmale* sind aus Kundensicht selbstverständlich, so dass sie erst bei Nichterfüllung bewusst werden und schnell hohe Unzufriedenheit erzeugen. Ihre Erfüllung führt nicht zu Zufriedenheit. *Leistungsmerkmale* schaffen in Abhängigkeit vom Ausmaß der Erfüllung Zufriedenheit, aber auch Unzufriedenheit. *Begeisterungsmerkmale* wiederum sind nutzenstiftende Merkmale, welche nicht unbedingt erwartet werden, jedoch bei Vorhandensein zu einer überproportionalen Nutzensteigerung führen können. Insbesondere Begeisterungsmerkmale sind für Innovationen von zentralem Interesse. Begeisterungsmerkmale degradieren jedoch mit der Zeit zu Leistungs- und Basismerkmalen (vgl. Abbildung 2-18 gestrichelte

<sup>13</sup> Kano spricht in diesem Fall explizit von „Merkmalen“, welche aber gemäß Abschnitt 2.1.3.2 synonym zu Eigenschaften zu verstehen sind.

<sup>14</sup> vgl. Abschnitt 2.1.3.2

Pfeile). Dies lässt sich auf Basis des Produktlebenszyklusmodells von WESNER (1977) erklären (vgl. Abbildung 2-19).

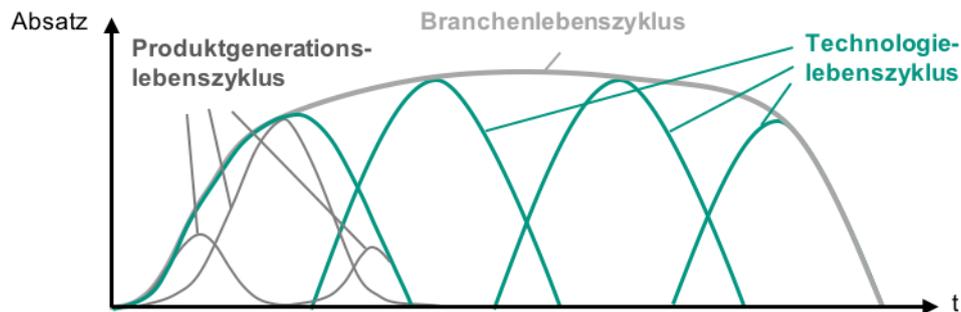


Abbildung 2-19: Produktlebenszyklusmodell nach ALBERS ET AL. (2015b)

Das Modell zeigt, dass Produkte Generationen besitzen, durch welche die Produkte den sich ändernden Bedarfen und Randbedingungen des Marktes angepasst werden. Der Produktlebenszyklus gliedert sich wiederum in den Technologie- und schließlich den Branchenlebenszyklus ein (Wesner, 1977).

### 2.2.2 PGE – Produktgenerationsentwicklung

Der vorherige Abschnitt hat gezeigt, dass wissenschaftliche Arbeiten im Innovationsmanagement häufig radikale Innovationen als Betrachtungsgegenstand fokussieren. Grundsätzlich streben Entwickler jedoch an, das Risiko eines Entwicklungsprojektes möglichst gering zu halten. Daher werden bekannte und bestehende Lösungen gegenüber weniger bekannten bevorzugt (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 48; Lindemann, 2009, S. 137f.). Radikale Innovationen verursachen zumeist ein großes Risiko bei verhältnismäßig geringem Synergiepotenzial und entsprechen daher selten der Entwicklungspraxis (Albers, 1991).

In der klassischen Konstruktionsmethodik unterscheiden PAHL ET AL. (2007) drei Konstruktionsarten in Abhängigkeit der Konkretisierung der Aufgabe. Eine *Neukonstruktion* beschreibt dabei die Verwendung neuer Lösungsprinzipien oder die Kombination bekannter Prinzipien unter veränderten Randbedingungen. Entwicklungsteams besitzen typischerweise große Freiheitsgrade bei der Problemfindung bezüglich der Wahl der Mittel zur Umsetzung. Eine *Anpassungskonstruktion* baut auf bekannten und bereits umgesetzten Lösungsprinzipien unter neuen Randbedingungen auf. Damit werden bekannte Mittel auf neue Problemstellungen angewendet. Eine *Variantenkonstruktion* beschreibt die Verwendung bekannter und bereits umgesetzter Lösungsprinzipien unter vergleichbaren Randbedingungen. Typischerweise werden einzelne Parameter von Bauteilen oder Baugruppen zur Erreichung quantitativ geänderter Randbedingungen angepasst. Pahl et al. räumen jedoch ein, dass diese Einteilung oftmals nicht der

Entwicklungspraxis entspricht und Projekte nicht pauschal einer der drei Kategorien zugeordnet werden können (Pahl et al., 2007, S. 4).

Aus einer ökonomischen und risikoanalytischen Betrachtung werden, in Abgrenzung zur klassischen Einteilung, nur die allerwenigsten Produkte komplett neu entwickelt. Es ist vielmehr das Ziel, Funktionen und Eigenschaften mit bekannten und etablierten Lösungen zu realisieren und den Änderungsumfang möglichst gering zu halten (Deubzer & Lindemann, 2009). ECKERT, ALINK UND ALBERS (2010) zufolge ist die Verbesserung bestehender Produkte sogar die häufigste Art der Produktentwicklung. Die Kombination dieser risikoanalytischen Sicht mit dem aus dem für den Markterfolg entscheidenden Verständnis des Innovationsmanagements führt zu einem Zielkonflikt: einerseits sollen „innovative“ Produkte entwickelt werden, welche andererseits möglichst geringe Anteile an neu zu entwickelnden Teilsystemen beinhalten (Albers et al., 2014b).

Die Gegenüberstellung des Verständnisses der Produktentwicklung aus Sicht der klassischen Konstruktionslehre und des Innovationsmanagements zeigt, dass die Kategorisierung der Entwicklung von Produkten als Ganzes wenig praktikabel ist. Diesem Grundsatz folgend führt ALBERS daher das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung ein. Es beschreibt dabei keine grundsätzlich neue Beobachtung, sondern stellt bisher fragmentierte Beschreibungsansätze in einem praxisnahen, wissenschaftlich begründeten Erklärungsmodell zusammen. Hierdurch wird ermöglicht, gezielt neue Methoden und Prozesse für die Herausforderungen in der Produktentwicklung zu erarbeiten (Albers et al., 2015b). Die PGE wird wie folgt definiert:

**Definition: PGE – Produktgenerationsentwicklung (Albers et al., 2015b)**

Die *Produktgenerationsentwicklung* ist die Entwicklung einer neuen Generation eines technischen Produkts, die sowohl durch die Anpassung von Teilsystemen als Übernahmevariation als auch durch eine signifikante Neuentwicklung von Teilsystemen charakterisiert ist. Neu entwickelte Anteile technischer Produkte können durch Gestalt- und durch Prinzipvariation realisiert werden. Neue Produktgenerationen basieren immer auf Referenzsystemen.

Produktgenerationen lassen sich dabei wie folgt bezeichnen:

$$G_i, i \in \mathbb{N}$$

$G_1$  beschreibt dabei die erste Produktgeneration eines neuen Produktes (Modells) am Markt.  $G_1$  besitzt somit keinen direkten Vorgänger. Die aktuelle Produktgeneration in der Entwicklung, welche als nächstes in den Markt kommt, wird im Modell der PGE mit  $G_n$  bezeichnet. Daraus resultiert, dass  $G_{n-1}$  die aktuelle Produktgeneration im Markt ist

(zum betrachteten Zeitpunkt), sofern  $G_n$  nicht die erste Produktgeneration eines Modells ( $G_1$ ) ist (Albers et al., 2015b).

Gemäß der Definition der PGE bilden Referenzsysteme die Basis für eine neue Produktgeneration. Grundsätzlich beschreibt eine Referenz ein Bezugssystem – im Kontext der PGE, den Bezug einer Produktgeneration zu einem oder mehreren anderen Produkten oder Lösungselementen, welche die Basis für die neue Produktgeneration bilden – die Referenzprodukte:

**Definition: Referenzprodukt in der PGE (Albers, Rapp, Heitger, Wattenberg & Bursac, 2018d; Albers et al., 2015b):**

*Referenzprodukte* sind Produkte (z.B. Vorgänger- oder Wettbewerbsprodukte), auf deren Basis neue Produktgenerationen entwickelt werden. Dazu werden teilweise deren Struktur und Teilsysteme übernommen oder als Ausgangspunkt für Variationen zugrunde gelegt.

Das Referenzsystem einer neuen Produktgeneration kann sich aus den Elementen eines oder mehrerer Referenzprodukte zusammensetzen. Beispielsweise können die Referenzprodukte zwischen unterschiedlichen Teilsystemen des Gesamtsystems variieren. Außerdem umfasst das Referenzsystem nicht nur spezifische Elemente aus dem Objektsystem des Referenzproduktes, sondern kann auch Inhalte aus dem Ressourcensystem, wie z.B. verwendete Methoden des Referenzproduktes, oder dem Zielsystem, wie z.B. das Produktprofil des Referenzproduktes, umfassen (Albers et al., 2019).

Grundsätzlich lassen sich Referenzprodukte je nach Anwendung anhand unterschiedlicher Kriterien unterscheiden: Aus Sicht der individuellen Organisation kann zwischen *internen* und *externen Referenzprodukten* unterschieden werden. Interne Referenzprodukte wurden dabei von derselben Organisationseinheit oder zumindest innerhalb derselben Organisation entwickelt. Daher stehen neben dem Produkt auch Dokumente, Erfahrungen, Test-Ergebnisse etc. zur Verfügung. Externe Referenzprodukte stammen entsprechend von außerhalb der Organisation (Albers, Heitger et al., 2018d; Albers, Haug, Heitger, Arslan, Rapp & Bursac, 2016c). Zumeist gibt es für eine neue Produktgeneration ein *Basis-Referenzprodukt*. Es ist das Referenzprodukt für den Großteil der Struktur und für die meisten Teilsysteme (Peglow, Powelske, Birk, Albers & Bursac, 2017). Im Rahmen der Variantenentwicklung kann es ein *Varianten-Referenzprodukt* geben, welches die Basis für die abgeleiteten Varianten bildet (Peglow et al., 2017).

Zum einen dienen Referenzprodukte als Grundlage konkreter Strukturen (Funktionsstruktur, Baustruktur, ...) und für die Entwicklung von Teilsystemen im Sinne von Bauteilen und Software. Sie stellen also den Bezug zu einer konkreten

technischen Lösung her und beschreiben damit das Referenzprodukt lösungsspezifisch. Zum anderen dienen Referenzprodukte, insbesondere im Kontext der Zielsystembildung, als Grundlage für (relative) Differenzierungsziele (Albers, Heitger et al., 2016c). *Referenzprodukte im Kontext der Zielsystembildung* sind dabei bestehende (z.B. Vorgänger-, Wettbewerbsprodukte) oder hypothetische Produkte (z.B. prognostizierte Wettbewerbsprodukte), die zur Ableitung relativer Differenzierungsziele einer Produktgeneration dienen (Albers, Heitger et al., 2018c). Struktur und Teilsysteme der Referenzprodukte dienen als Ausgangspunkt für die Variation von Zielsystemelementen der Produktgeneration. Dabei werden auch lösungsoffene Elemente des Referenzproduktes genutzt, welche zur Begründung von Zielsystemelementen dienen. Lösungsoffene Elemente sind insbesondere Produkteigenschaften und Produktfunktionen.<sup>15</sup> Da für die Ableitung von Differenzierungszielen lösungsspezifische Informationen nicht zwangsläufig verfügbar sein müssen, können für die Zielsystembildung auch hypothetische Produkte als Referenzprodukt genutzt werden. Ein hypothetisches Referenzprodukt kann z.B. ein auf Prognosen basierendes Wettbewerbsprodukt sein.<sup>16</sup>

Referenzprodukte liefern somit zwei Arten von Informationen: lösungsoffene und lösungsspezifische. Aus der Beschreibung der Differenzierungsziele gegenüber *Referenzprodukten im Kontext der Zielsystembildung* leitet sich damit die Begründung für die entsprechende *Variation gegenüber Referenzprodukten* ab – wobei die beiden Referenzprodukte dasselbe sein können, aber nicht müssen (vgl. Abbildung 2-20).

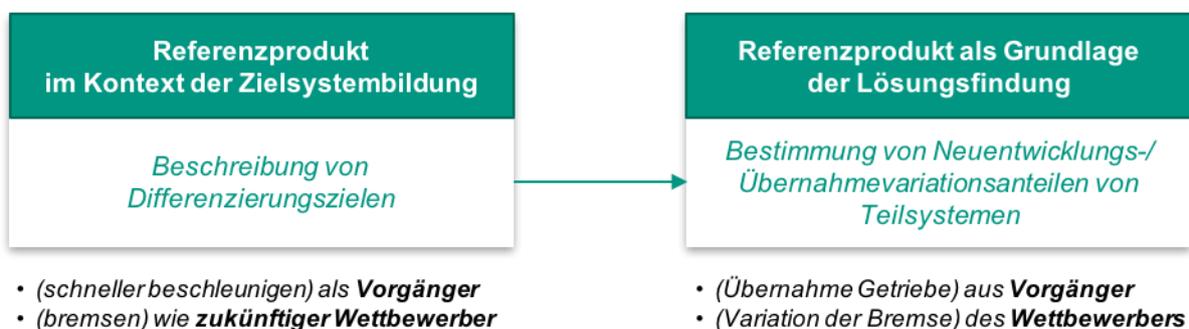


Abbildung 2-20: lösungsoffene und lösungsspezifische Informationen durch Referenzprodukte

Referenzprodukte ermöglichen die Wiederverwendung von Teilsystemen bei der Entwicklung einer neuen Produktgeneration. Idealerweise sollten Neuentwicklungsanteile auf die Realisierung von Differenzierungsmerkmalen

<sup>15</sup> z.B. die Verbesserung des Bremsverhaltens gegenüber dem *Vorgänger* (aktuelles Produkt am Markt), ohne dabei die konkrete technische Lösung zu benennen

<sup>16</sup> z.B. ein besseres Bremsverhalten als der *prognostizierte Wettbewerber XY*

abzielen. Grundsätzlich lassen sich Anpassungen an Teilsystemen dabei in drei Variationsarten einteilen (Albers et al., 2015b):

- *Prinzipvariation (PV)* bezeichnet die Neuentwicklung eines Teilsystems, indem das Lösungsprinzip im Vergleich zum Referenzprodukt verändert wird (bspw. die Veränderung der Kraftübertragung von Reibschluss durch Formschluss).
- *Gestaltvariation (GV)* bezeichnet ebenfalls die Neuentwicklung eines Teilsystems, jedoch unter Beibehaltung der Lösungsprinzipien von Referenzprodukten und durch Variation der Gestalt (bspw. die Veränderung der Gestalt des Formschlusses).
- *Übernahmevariation (ÜV)* beschreibt Teilsysteme, welche ohne Variation von Prinzip oder Gestalt durch möglichst geringe konstruktive Anpassungen an den Bauteilschnittstellen in die Produktgeneration übernommen werden.

Eine Produktgeneration ( $G_n$ ) kann somit als Zusammensetzung aus den Variationen seiner Teilsysteme verstanden werden ( $\ddot{U}S_n$ : Menge der Teilsysteme, die durch ÜV angepasst werden;  $GS_n$ : Menge der Teilsysteme, die durch GV angepasst werden;  $PS_n$ : Menge der Teilsysteme, die durch PV angepasst werden) (Albers et al., 2015b):

$$G_n = \ddot{U}S_n \cup GS_n \cup PS_n$$

Aufbauend darauf lässt sich der jeweilige Variationsanteil für eine Produktgeneration wie folgt bestimmen (Albers et al., 2015b):

$$\delta_{\ddot{U}V_n} = \frac{|\ddot{U}S_n|}{|G_n|} = \frac{|\ddot{U}S_n|}{|\ddot{U}S_n \cup GS_n \cup PS_n|} [\%] \quad \text{analog für } \delta_{GV_n} \text{ und } \delta_{PV_n}$$

Der Fokus wissenschaftlicher Arbeiten des Innovationsmanagements hebt oftmals neuartige Lösungsprinzipien hervor. Die Praxis zeigt jedoch, dass die Gestaltvariation die häufigste Aktivität der Produktentwicklung ist. Ihr Anteil an der Generierung innovativer Lösungen darf dabei keinesfalls unterschätzt werden (Albers et al., 2015b).

Im Rahmen einer empirischen Untersuchung unter 108 Experten aus der Produktentwicklung konnten ALBERS, HEITGER ET AL. (2016c) nachweisen, dass Referenzprodukte sowohl als Basis für eine gezielte Übernahme von Teilsystemen (ÜV) als auch für deren Neuentwicklung (PV und GV) dienen (vgl. Abbildung 2-21 links). In der Untersuchung konnte außerdem die Annahme bestätigt werden, dass Produktentwicklungen in den meisten Fällen weder einer Anpassungskonstruktion noch einer Neukonstruktion gemäß der klassischen Konstruktionsmethodik entsprechen (vgl. Abbildung 2-21 rechts). Die überwiegende Mehrheit der befragten Experten sieht bei der Entwicklung einer neuen Produktgeneration einen Neuentwicklungsanteil über 10%, jedoch auch deutlich unter 100%.

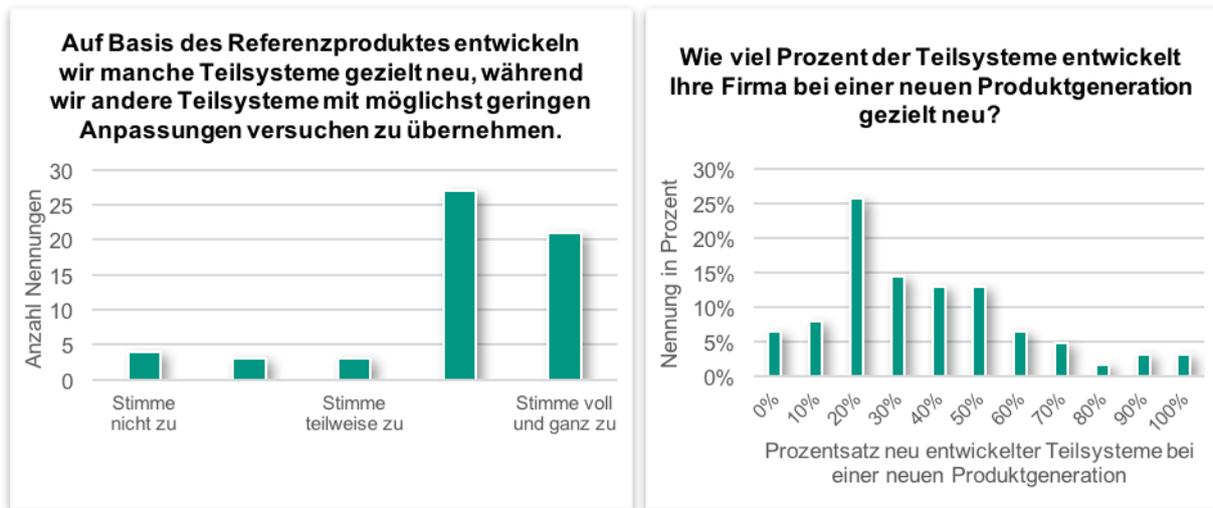


Abbildung 2-21: Nutzung von Referenzprodukten in Entwicklungsprojekten (links) und Neuentwicklungsanteil von Teilsystemen (rechts) nach ALBERS, HEITER ET AL. (2016c)

In der Praxis lassen sich zahlreiche Belege für die PGE finden: z.B. Produkte, wie der Sportwagen Porsche 911 (Abbildung 2-22 oben), oder auch Teilsysteme eines Produktes, wie z.B. ein Zweimassenschwungrad (Abbildung 2-22 unten), in Generationen entwickelt.

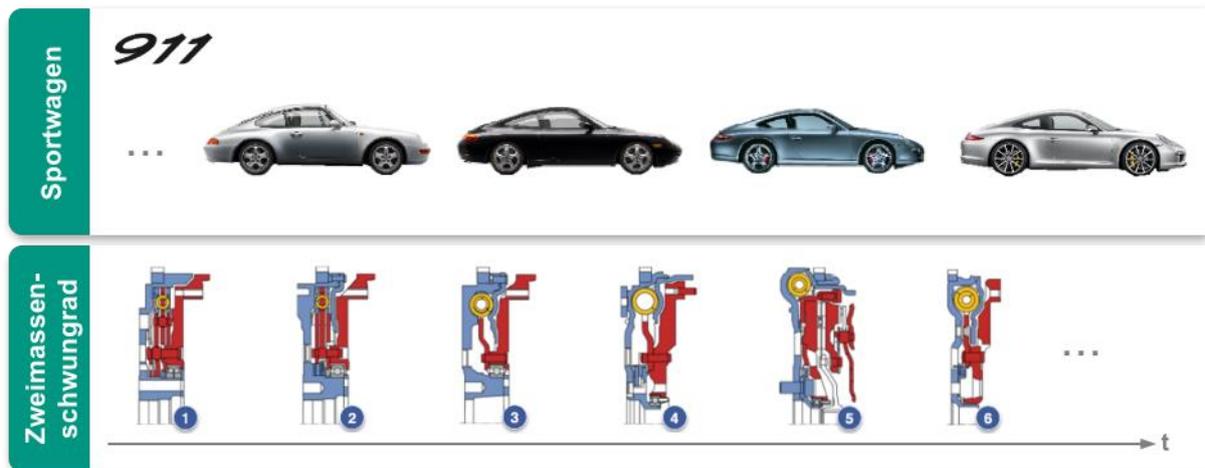


Abbildung 2-22: Beispiele für Produktgenerationsentwicklungen in der Praxis<sup>17</sup>

### 2.2.3 Zwischenfazit

Das vor allem durch die Wirtschaftswissenschaften geprägte Verständnis von Innovationen unterstützt den Produktentwickler nur bedingt methodisch – nicht zuletzt, weil der Erfolg einer „Innovation“ in den meisten Fällen nur retrospektiv bestimmbar ist. ALBERS schreibt dem Produktprofil, also der detaillierten Auseinandersetzung mit der Bedürfnissituation – aus Kunden-, Anwender- und Anbieterperspektive – eine Schlüsselrolle zu, um Innovationspotenziale zu steigern. Das Modell der

<sup>17</sup> Bildquellen: Porsche intern und ALBERS, BURSAC & RAPP (2017)

PGE – Produktgenerationsentwicklung stellt darüber hinaus eine Beschreibungsmetrik bereit, welche es erlaubt, konstruktionsmethodische Vorgaben durch die Bestimmung von Variationsarten zu geben. Aus konstruktionsmethodischer Sicht beschreibt die PGE bereits sehr umfänglich die Verwendung von Referenzprodukten für einen gezielten Umgang mit Unsicherheit und Risiko und damit einer systematischen PGE. Dieser Aspekt muss für das Zielsystemverständnis auf der Ebene des Gesamtprodukts noch weiter vertieft werden. Hierbei ist es eine Kernherausforderung, das Produktprofil einer neuen Produktgeneration in konkrete Entwicklungsanforderungen zu überführen. Differenzierungsziele müssen dabei durchgängig mit Konstruktionsmethoden auf der Teilsystemebene verknüpft werden und bedürfen somit der weiteren Detaillierung. Das Verständnis von Referenzsystemen und den dazugehörigen Referenzprodukten bildet hierfür den zentralen Anknüpfungspunkt.

### 2.3 Prozessmodelle der Produktentstehung

Die erste Hypothese der Produktentstehung von ALBERS (2010) besagt, dass jeder Produktentstehungsprozess einzigartig und individuell ist. Um dennoch den Herausforderungen einer komplexen Entwicklungsaufgabe gerecht zu werden, geben Modelle von Produktentstehungsprozessen methodische Unterstützung bei der Identifikation und Organisation der notwendigen Aktivitäten. Modelle des Produktentstehungsprozesses lassen sich nach ihrem Auflösungsgrad unterscheiden und dabei zwischen den Polen Mikrologik und Makrologik anordnen (vgl. Abbildung 2-23) (Lindemann, 2009, S. 37ff.). Prozessmodelle der Mikrologik beschreiben elementare Denk- und Handlungsabläufe einzelner Individuen. Sie wurden genauso wie Modelle der operativen Problemlösung bereits im Rahmen der Grundlagen des Problemlösens in Abschnitt 2.1.2.1 diskutiert.

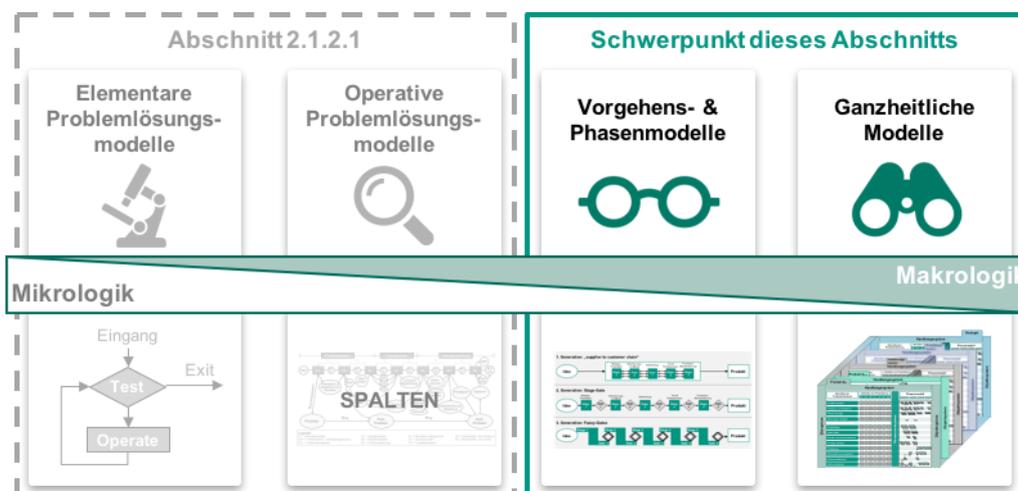


Abbildung 2-23: Auflösungsgrade des Produktentstehungsprozesses nach LINDEMANN (2009, S. 38)

Der Schwerpunkt dieses Abschnitts liegt auf den Vorgehens- bzw. Phasenmodellen sowie ganzheitlichen Modellen der Produktentstehung. Erstgenannte strukturieren den Produktentstehungsprozess in inhaltliche und zeitlich abtrennbare Arbeitsschritte und finden daher starke Verbreitung in der operativen Praxis. Letztere verfolgen den Anspruch, mehrere Auflösungsgrade des Produktentstehungsprozesses abzubilden und die unterschiedlichen Stakeholder, wie Management, Entwicklung oder den Kunden zu adressieren.

## 2.3.1 Vorgehens- und Phasenmodelle

### 2.3.1.1 Stage-Gate-Modell

Das ursprünglich von COOPER (1994) entwickelte Stage-Gate-Modell beschreibt ein in der Industrie weit verbreitetes Modell zur Strukturierung unternehmensinterner Produktentstehungsprozesse. Dieser managementorientierte Ansatz beschreibt die sequentielle Abfolge von Phasen, welche durch Meilensteine (Stage-Gates) voneinander getrennt sind. An den Gates wird der Projektfortschritt gemessen, indem die vorliegenden Projektergebnisse mit zuvor definierten Kriterien verglichen werden. Cooper unterscheidet dabei in drei Generationen von Stage-Gate-Prozessen (vgl. Abbildung 2-24).

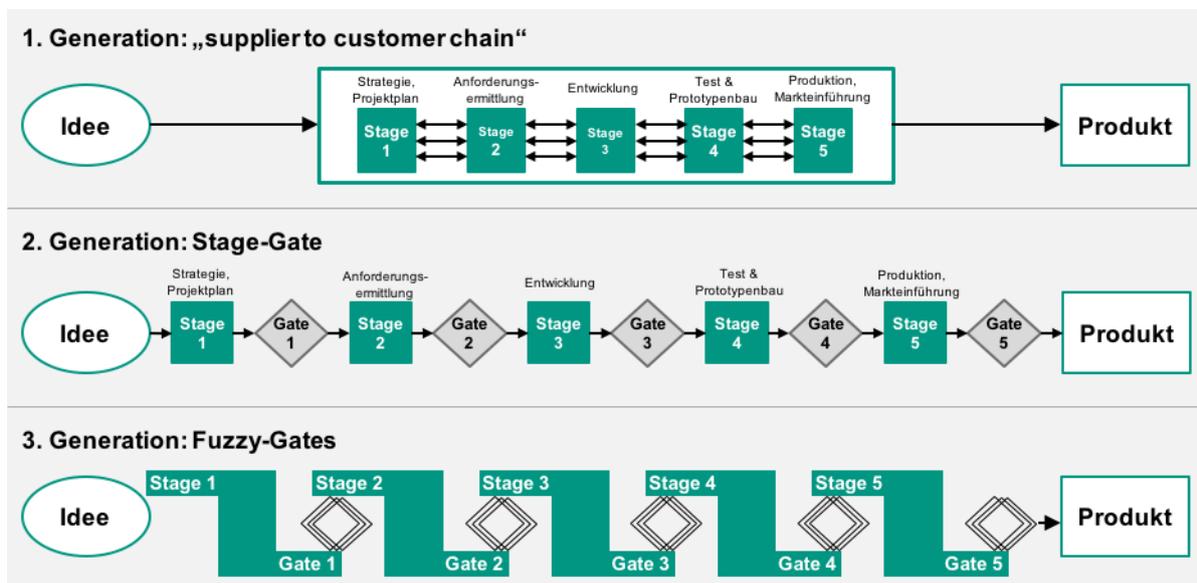


Abbildung 2-24: Generationen des Stage-Gate Ansatzes nach COOPER (1994) und MEBOLDT (2008, S. 34)

Die *erste Generation* ist „streng“ in Phasen gegliedert, wodurch sich auf die jeweiligen Ergebnisse der Phase fokussiert wird. Kritisch ist in diesem streng sequentiellen Prozess, dass die nächste Phase nur nach erfolgreicher Erfüllung aller Kriterien der vorherigen begonnen werden kann. Dies kann insbesondere aufgrund der Fokussierung technischer Kennwerte zu großen Zeitverzögerungen führen. Dem begegnet der Stage-Gate-Prozess der *zweiten Generation* durch eine stärkere

Berücksichtigung nicht-technischer Erfolgsfaktoren. Zusätzlich wird durch eine Parallelisierung einzelner Aktivitäten innerhalb der Phasen dem Zeitverzug entgegengewirkt. Die *dritte Generation* des Stage-Gate-Prozesses setzt diesen Ansatz konsequent fort und erlaubt Aktivitäten nachfolgender Phasen vorzuziehen, ohne dass vorherige vollständig abgeschlossen sind. Dies führt zu einer Überlappung der Phasen. Da die Zeitpunkte für das Durchschreiten der jeweiligen Gates damit nicht mehr eindeutig sind, werden die Gates auch als „fuzzy“, also schwammig beschrieben, welche durch den Projektfortschritt und nicht den Zeitpunkt bestimmt werden (Cooper, 1994).

Neben der Projektfortschrittskontrolle, welche z.B. den Terminfortschritt und die Kosten nachverfolgt, muss im Rahmen der Produktentwicklung auch die Sachfortschrittskontrolle gewährleistet werden (Burghardt, 2012, S. 20). Diese erfolgt typischerweise anhand des *Produktreifegrads*, welcher den Grad der Erfüllung der Forderungen an ein Produkt beschreibt (Weinzierl, 2006, S. 26). Die Bestimmung des Produktreifegrads ist nicht trivial, da insbesondere objektive Kenngrößen schwierig zu ermitteln sind. Außerdem müssen individuelle Projektrahmenbedingungen berücksichtigt werden (Braun, 2013, S. 56).

#### **2.3.1.2 VDI 2206: V-Modell**

In der VDI-RICHTLINIE 2206 (2004) ist ein Vorgehensmodell zur Unterstützung der systematischen und domänenübergreifenden Entwicklung mechatronischer Systeme beschrieben. Im Fokus steht dabei, etablierte disziplinspezifische Leitfäden aus Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik zusammenzuführen, da diese auf vielfältige Weise bei der Entwicklung mechatronischer Systeme interagieren (VDI 2206, 2004, S. 3). Die Richtlinie hat den Anspruch, ein praxisnahes Vorgehensmodell bereitzustellen. Hierzu stützt sie sich auf drei wesentliche Elemente (VDI 2206, 2004, S. 26f.).

- Allgemeiner Problemlösungszyklus auf der Mikroebene,
- V-Modell auf der Makroebene und
- vordefinierte Prozessbausteine zur Bearbeitung wiederkehrender Arbeitsschritte.

Die in der Richtlinie vorgeschlagene Strukturierung auf der Mikroebene basiert auf dem allgemeinen Problemlösungszyklus nach DAENZER UND HUBER (1994, S. 59). Es wird die systematische Problemlösung anhand der Teilschritte Situationsanalyse, Zielformulierung, Lösungsfindung, Bewertung der Lösung sowie Auswahl und Entscheidung beschrieben. Somit lässt es sich flexibel an Problemstellungen im Rahmen des Entwicklungsprojektes anpassen (VDI 2206, 2004, S. 26).

Auf der Makroebene wird das aus der Softwaretechnik adaptierte V-Modell als generische Grundlage verwendet (vgl. Abbildung 2-25). Das V-Modell stellt die

logische Abfolge der wesentlichen Teilschritte zur Entwicklung mechatronischer Systeme dar.

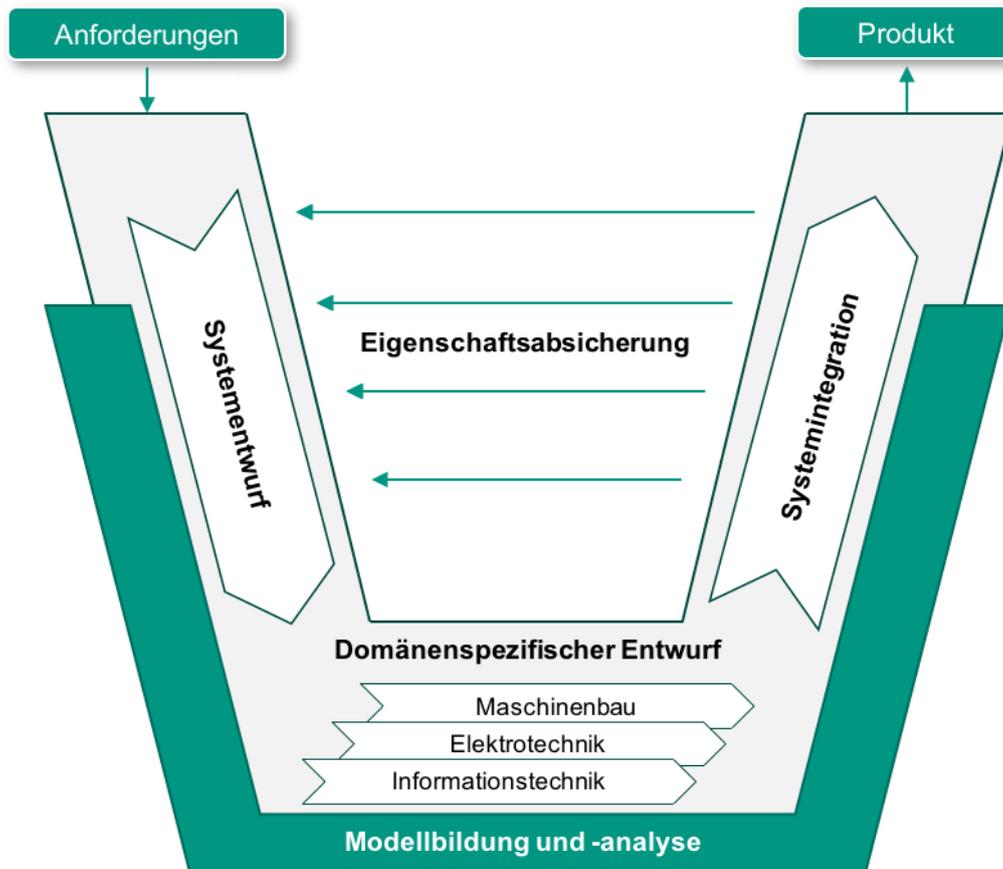


Abbildung 2-25: V-Modell für den Entwurf mechatronischer Systeme nach VDI 2206 (2004, S. 29)

Je nach Aufgabenstellung kann die tatsächliche zeitliche Abfolge der Teilschritte von denen im Modell abweichen. Grundsätzlich wird der Entwicklungsprozess im V-Modell jedoch in drei übergeordnete Phasen unterteilt:

- Domänenübergreifender Systementwurf
- Domänenspezifischer Entwurf
- Systemintegration

Der *domänenübergreifende Systementwurf* dient der Formulierung von Anforderungen sowie wesentlichen Wirkungsweisen für das Gesamtsystem. Hierfür ist es notwendig, die Gesamtfunktion des Produktes in Teilfunktionen zu zerlegen. Der *domänenspezifische Entwurf* dient der weiteren Konkretisierung. Dies geschieht zumeist innerhalb der einzelnen Domänen. In der *Systemintegration* werden die Teilsysteme der einzelnen Disziplinen dann wieder zu einem Gesamtsystem zusammengeführt. Die *Eigenschaftensicherung* dient der Überprüfung der Teilsysteme hinsichtlich ihrer Anforderungskonformität. Hier werden jedoch auch

Schwachstellen des V-Modells gesehen, da reale Prozesse durch ihre starke Phasenorientierung nur begrenzt Anforderungsänderungen im Systementwurf zulassen. Dies widerspricht dem Grundgedanken einer kontinuierlichen Validierung (Albers et al., 2016a; Zingel, 2013, S. 85). Auch die methodische Unterstützung des domänenübergreifenden Systementwurfs kommt HELLENBRAND (2013, S. 42) zufolge zu kurz, auch wenn dessen Wichtigkeit adressiert wird.

## 2.3.2 Ganzheitliche Modelle der Produktentstehung

### 2.3.2.1 Münchener Produktkonkretisierungsmodell (MKM)

Im Münchner Produktkonkretisierungsmodell (MKM) von PONN UND LINDEMANN (2011, S. 24ff.) wird der Fokus auf die erzeugten Produktmodelle im Rahmen des Entwicklungsprozesses gesetzt. Die wesentlichen Dimensionen zur Ordnung der Produktmodelle sind, analog des Modellraums des Konstruierens, der Konkretisierungsgrad, der Zerlegungsgrad und der Variationsgrad (Ponn & Lindemann, 2011, S. 26). Die beiden Hauptkomponenten des Modells sind der *Anforderungsraum* und der *Lösungsraum*. Der Anforderungsraum repräsentiert die technischen Entwicklungsziele bzw. geforderten Produkteigenschaften. Nach einer initialen Anforderungsklä rung wird das Anforderungsmodell kontinuierlich erweitert, detailliert und angepasst. Der Lösungsraum wiederum beschreibt sämtliche Lösungsmöglichkeiten zur Realisierung der Anforderungen im Produkt. Gemäß einer zunehmenden Konkretisierung werden diese in die Funktions-, Wirk- und Bauebene strukturiert (vgl. Abbildung 2-26) (Ponn & Lindemann, 2011, S. 26).

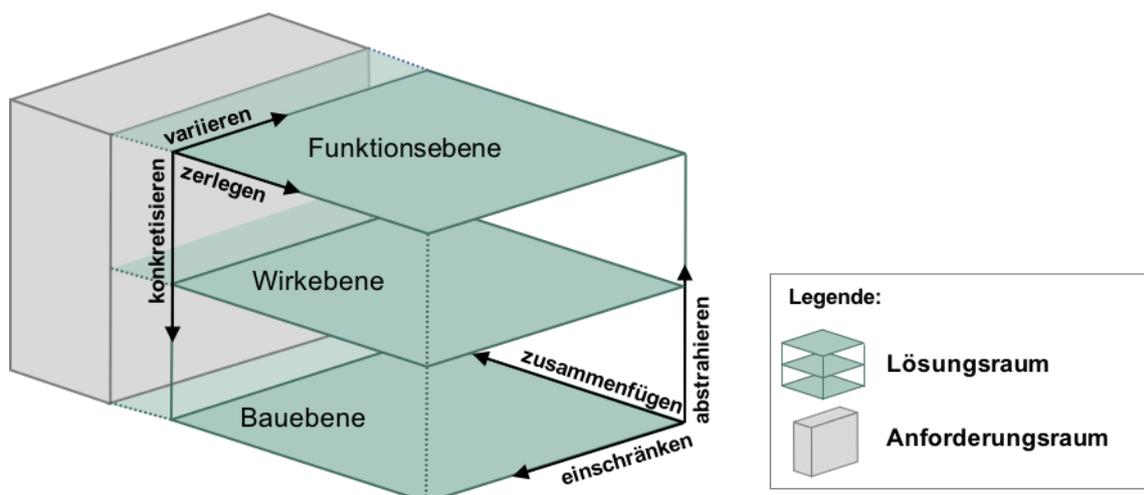


Abbildung 2-26: Münchener Produktkonkretisierungsmodell (MKM) nach PONN & LINDEMANN (2011, S. 28)

Die Beschreibung von Funktionen und Funktionszusammenhängen ermöglicht als erste Konkretisierungsstufe des Lösungsraums eine abstrakte bzw. zweckorientierte Beschreibung der Lösung, ohne die Benennung des konkreten Lösungsprinzips. Über

die Wirkebene werden prinzipielle Lösungsideen und -konzepte dargestellt, welche dann in der Bauebene in ihrer konkreten Gestalt festgelegt werden. Das Ergebnis ist das Baumodell, welches Bauteile und Baugruppen sowie ihre Verknüpfungen enthält. In der Realität sind die Ebenen als nicht-starr und die Übergänge als fließend zu betrachten (Ponn & Lindemann, 2011, S. 26f.).<sup>18</sup>

Im Entwicklungsprozess ist durch die Eigenschaftsanalyse und die Lösungsbewertung ein ständiger Abgleich des Anforderungsraums mit dem Lösungsraum erforderlich. Tendenziell beschreibt zwar der Entwicklungsprozess den kontinuierlichen Übergang vom Abstrakten zum Konkreten, je nach Entwicklungssituation kann jedoch auch die Abstraktion notwendig sein, z.B. bei der Analyse eines konkreten Teilsystems hinsichtlich seiner Funktionen (Ponn & Lindemann, 2011, S. 28).

Das Münchner Produktkonkretisierungsmodell ermöglicht mit der Unterscheidung in den Anforderungsraum und den Lösungsraum sowie den Abstraktionsgraden eine prinzipielle Unterscheidung in die Kundenperspektive und die Entwicklerperspektive auf technische Produkte. Durch Abstraktion werden technische Lösungen damit dem Kunden- bzw. Anwendernutzen zugänglich gemacht. Die Konkretisierung von Eigenschaftszielen im Anforderungsraum ermöglicht eine gezielte Priorisierung von Entwicklungsaktivitäten.

### **2.3.2.2 VDI Richtlinie 2221 (2018)**

Auf Basis der Erkenntnisse, dass reale Entwicklungsprozesse in der Regel nicht sequentiell ablaufen, individuell sind und Iterationen einen wesentlichen Bestandteil darstellen (Albers et al., 2016a), wurde das lange Zeit in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung verbreitete *Vorgehensmodell zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme* (VDI 2221, 1993) durch ein *allgemeines Modell der Produktentwicklung* überarbeitet und erweitert (VDI 2221, 2018). Sowohl externe Faktoren (makroökonomisch und mikroökonomisch) als auch interne Faktoren (organisatorische, projektbezogene und individuelle) erfordern eine kontextspezifische Modellierung der Produktentwicklung. Daher wird in der VDI Richtlinie 2221 der Entwicklungsprozess in generische Aktivitäten untergliedert, welche das Vorgehen beim Entwickeln überschaubar, rational und branchenunabhängig machen (vgl. Abbildung 2-27). Die Abbildung spezifischer Abläufe in Projekten wird im Blatt 2 der VDI 2221 konkretisiert.

---

<sup>18</sup> vgl. Abschnitt 2.1.3.1

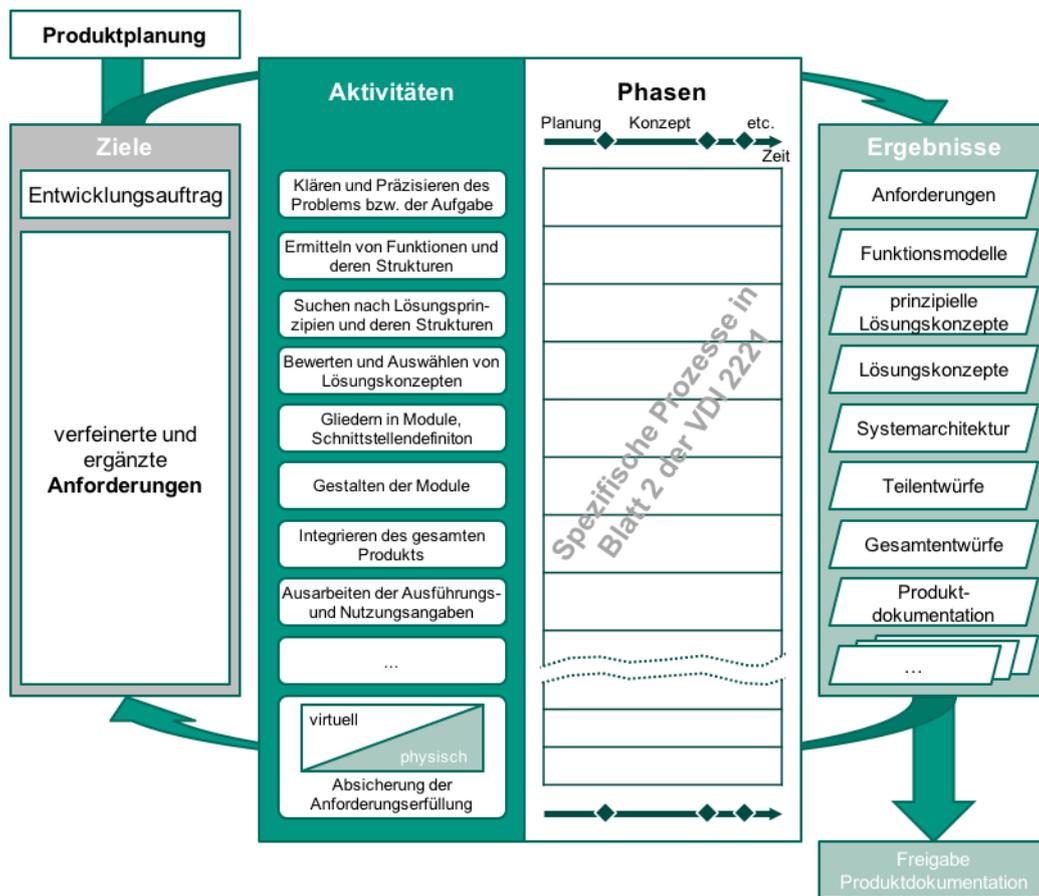


Abbildung 2-27: Allgemeines Modell der Produktentwicklung nach der VDI 2221 (2018)

Das Modell verdeutlicht: Anforderungen werden über den gesamten Produktentwicklungsprozess erhoben und dokumentiert. Das Gesamtverfahren zur Produktplanung, Konzeptentwicklung, Detaillierung und Ausarbeitung wird durch die Aktivitäten in Arbeitsschritte gegliedert, aus denen Arbeitsergebnisse hervorgehen. Die (Zwischen-)Ergebnisse werden über den gesamten Prozess hinweg mit den entsprechenden Anforderungen abgeglichen und je nach Prozessschritt virtuell anhand von Simulationen, durch reale Tests oder auch hybride Lösungen abgesichert.

Die VDI 2221 gibt außerdem eine Übersicht über weitere unterstützende Elemente, welche sowohl im Rahmen eines Prozesses aber auch innerhalb einer Organisation Anwendung finden sollten. Dabei unterscheidet die Richtlinie in Design to/for X, Begleitaktivitäten und Querschnittsaktivitäten. Design to/for X fokussiert besondere Restriktionen, Nebenbedingungen oder Entwicklungsziele, die neben der reinen Funktionserfüllung zu berücksichtigen sind (z.B. Design for Manufacture oder Design to Safety). Begleitaktivitäten sind Projektaktivitäten im weiteren Sinne. Sie bilden den prozessbegleitenden Rahmen der operativen Ablauforganisation (z.B. Projektmanagement, Änderungsmanagement und Qualitätsmanagement). Die Querschnittsaktivitäten wiederum stellen projektunabhängige oder -übergreifende Aktivitäten dar. Sie bilden den grundlegenden Rahmen der Produktentwicklung (z.B. Wissensmanagement, Technologiemanagement und Innovationsmanagement).

In der überarbeiteten VDI 2221 werden viele Inhalte der KaSPro – Karlsruher Schule der Produktentwicklung adressiert. Insbesondere Kernelemente des integrierten Produktentstehungsmodells – iPeM sind hierbei berücksichtigt worden (Albers, Reiß, Bursac & Richter, 2016d). Das iPeM wird im Folgenden detailliert vorgestellt.

### 2.3.2.3 Integriertes Produktentstehungsmodell – iPeM

Das integrierte Produktentstehungsmodell – iPeM ist ein Framework, welches die managementorientierte Sicht mit der Entwicklersicht im Produktentstehungsprozess kombiniert (Albers, Braun & Muschik, 2010). Das iPeM beschreibt dabei ein Meta-Modell, welches alle notwendigen Elemente enthält, um individuelle Problemstellungen entsprechend zu modellieren (Albers & Braun, 2011a; Albers & Meboldt, 2007, Meboldt, 2008, S. 149ff.)). Die Grundlage für das Meta-Modell bildet das in Abschnitt 2.1.2.2 vorgestellte ZHO-Modell. Das iPeM beschreibt die Produktentstehung auf Basis eines generischen Metamodells, als Überführung eines (anfängs vagen) Zielsystems durch das Handlungssystem in ein Objektsystem (Albers, 2010). Gemäß der PGE – Produktgenerationsentwicklung befinden sich mehrere Produktgenerationen eines Produktes gleichzeitig in der Entwicklung ( $G_n, G_{n+1}, \dots$ ) und beeinflussen sich (z.B. bei der Verwendung gemeinsamer Baukästen). Um diesen Umstand zu berücksichtigen, wird das iPeM in mehrere Ebenen aufgeteilt, welche als separate Entwicklungsprozesse verstanden werden können (vgl. Abbildung 2-28).

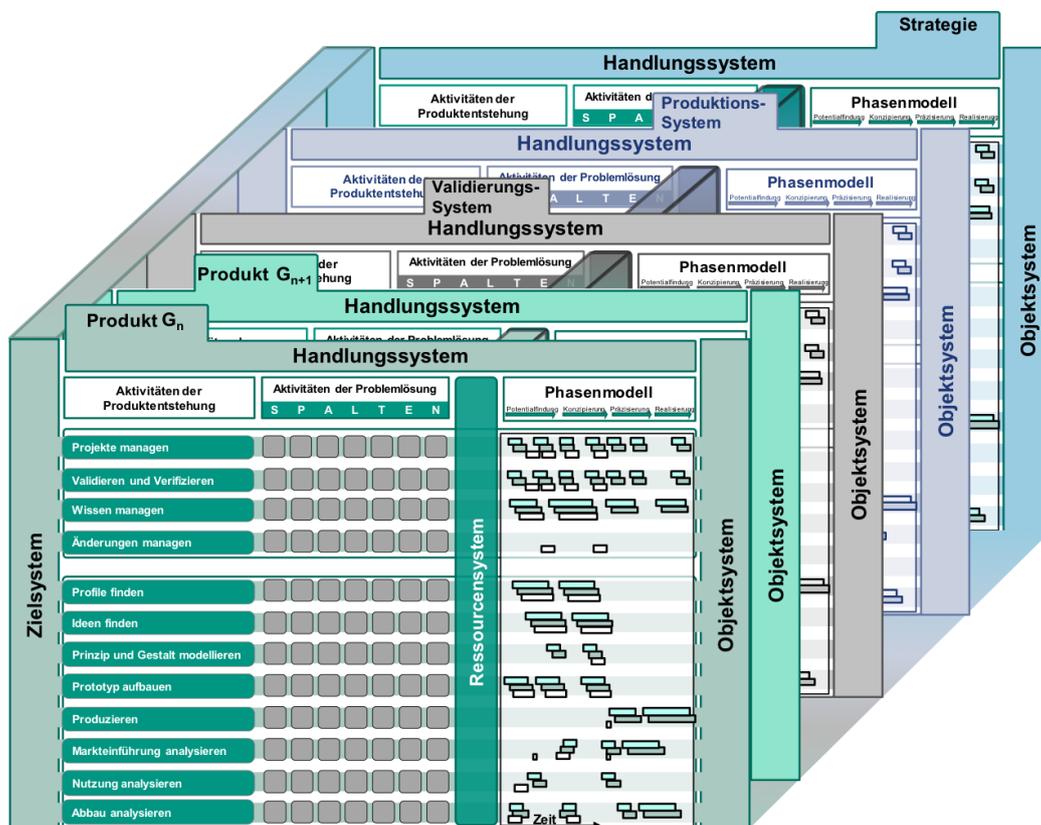


Abbildung 2-28: iPeM - Integriertes Produktentstehungsmodell im Modell der PGE nach ALBERS ET AL. (2016d)

Die unterschiedlichen Ebenen des iPeMs sind dabei durch ein gemeinsames Ziel- und Ressourcensystem gekennzeichnet. Die Objektsysteme der einzelnen Ebenen sind nicht direkt miteinander verbunden. Auch die parallele Entwicklung von Validierungs- und Produktionssystemen sowie die Entwicklung einer übergeordneten Strategie kann als separate Ebene der Produktentstehung verstanden werden. Die Detaillierung der verschiedenen Ebenen ermöglicht die ganzheitliche Entwicklung des Zielsystems bei einer gleichzeitigen modularen Betrachtung der Ebenen (Albers et al., 2016d). Das Handlungssystem im iPeM ist in drei Bereiche unterteilt: Die Aktivitätenmatrix, das Ressourcensystem und das Phasenmodell. In der Aktivitätenmatrix findet sich insbesondere das Methodenwissen, im Ressourcensystem sind die für die Durchführung der Aktivitäten notwendigen Ressourcen verortet und das Phasenmodell gibt den zeitlichen Verlauf des Projektes wider und ermöglicht damit die Darstellung des individuellen Produktentstehungsprozesses (Albers & Braun, 2011a).  
Abbildung 2-29 zeigt das iPeM für die Entwicklung einer Produktgeneration.

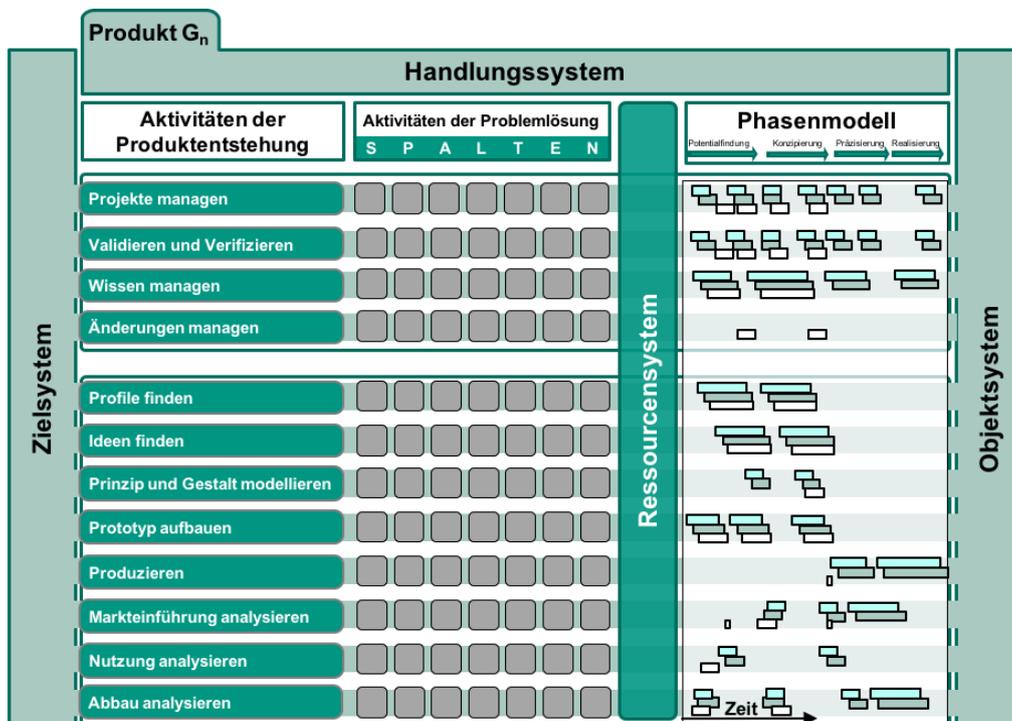


Abbildung 2-29: iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell für eine Produktgeneration  $G_n$  nach ALBERS ET AL. (2016d) und ALBERS & BRAUN (2011a)

Die Aktivitätenmatrix im iPeM besteht aus zwei Dimensionen: den *Aktivitäten der Produktentstehung* (Makroaktivitäten) und den *Aktivitäten der Problemlösung* (Mikroaktivitäten). Die Aktivitäten der Problemlösung sind wiederkehrende Aktivitäten, welche eine methodische Lösung technischer Probleme unterstützen. Im iPeM wird hierfür die Problemlösungsmethodik SPALTEN genutzt.<sup>19</sup> Die Aktivitäten der

<sup>19</sup> vgl. Abschnitt 2.1.2.1

Produktentstehung beschreiben Handlungsfelder der Produktentstehung und orientieren sich am Produktlebenszyklus, welche in klassischen Modellen oftmals als sequenzieller Ablauf aufgefasst werden. Reale Prozesse erfordern jedoch ein flexibles Verständnis der Produktentstehung, welches neben Iterationen vor allem durch eine kontinuierliche Validierung geprägt ist (Albers et al., 2016a). Die Aktivitäten der Produktentstehung werden im iPeM daher in zwei Cluster eingeteilt: Die Basis-Aktivitäten und die Kernaktivitäten. Erstere werden dabei ergänzend zu den sogenannten Kernaktivitäten durchgeführt, um diese zu unterstützen und können nicht alleine existieren. Hierzu zählen neben dem Validieren und Verifizieren auch das Projekte managen, Wissen managen und Anforderungen managen. Die Kernaktivitäten (Profile finden, Ideen finden, Prinzip und Gestalt modellieren, Prototyp aufbauen, Produzieren, Markteinführung analysieren, Nutzung analysieren) haben zum Ziel, direkt den Produktreifegrad zu erhöhen. Tabelle 2-4 fasst die Aktivitäten der Produktentstehung zusammen und erläutert deren Kerninhalte.

Tabelle 2-4: Aktivitäten der Produktentstehung nach ALBERS ET AL. (2016d), ALBERS & BRAUN (2011a) und REIß (2018, S. 139ff.)

	Aktivität der Produktentstehung	Beschreibung
Basis-Aktivitäten	<b>Projekte managen</b>	Planung und Controlling des Produktentstehungsprozesses (Planung des initialen Ziel- und Handlungssystems) sowie dessen kontinuierliche Steuerung bzw. Regelung.
	<b>Validieren und Verifizieren</b>	Die Validierung beinhaltet die kontinuierliche Überprüfung von Objektsystemen gegenüber dem Zielsystem und umfasst die Teilaktivitäten Verifikation, Analyse und Bewertung sowie deren Objektivierung mit dem Ziel der Eigenschaftsabsicherung des Produkts.
	<b>Wissen managen</b>	Überblick schaffen über interne und externe Daten, Informationen und Fähigkeiten. Weitere Aktivitäten sind die Identifikation, der Erwerb und die Entwicklung von Wissen sowie dessen Verteilung, Nutzung und Bewahrung.
	<b>Änderungen managen</b>	Abstimmung von technischen, wirtschaftlichen und sozialen Veränderungen. Aktivitäten sind: Untersuchung zur frühzeitigen Erkennung von Fehlern/Potentialen sowie die Umsetzung notwendiger Maßnahmen.
Kern-Aktivitäten	<b>Profile finden</b>	Definition des Produktprofils, bestehend aus Kunden- und Anbieternutzen sowie einer lösungsneutralen Charakterisierung der Eigenschaften des künftigen Produkts.
	<b>Ideen finden</b>	Identifikation von möglichen abstrakten Lösungen zur Realisierung des Produktprofils.
	<b>Prinzip und Gestalt modellieren</b>	Explizite Ausarbeitung der Produktidee(n) unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Randbedingungen sowie eine detaillierte Erarbeitung des physikalischen Zusammenhangs von Funktion und Gestalt.
	<b>Prototyp aufbauen</b>	Diese Aktivität ist notwendig, um die Aktivität „Validieren und Verifizieren“ ausführen zu können. Sie kann auf unterschiedlichen Reifegradebenen ausgeführt werden und kann sowohl physische als auch virtuelle Prototypen beinhalten.
	<b>Produzieren</b>	Tätigkeiten zur Realisierung des Produkts: Sie umfasst die Herstellung bzw. den Wareneingang einzelner Produktkomponenten sowie deren Montage.
	<b>Markteinführung analysieren</b>	Vordenken und Analyse der Vermarktung des entwickelten Produkts samt vollständiger Betrachtung der Logistikaktivitäten im Vertriebsnetz.
	<b>Nutzung analysieren</b>	Betrachtung, Dokumentation und Interpretation des Nutzer- und Nutzungsverhaltens.
<b>Abbau analysieren</b>	Antizipation der Möglichkeiten von Stilllegung oder Recycling nach Ende der Produktlebensdauer.	

Die zeitliche Abfolge von Aktivitäten kann im dynamischen *Phasenmodell* modelliert werden. Sowohl *Referenzprozesse*, welche die generische Grundlage für die konkrete Planung bilden, als auch *Implementierungsmodelle*, welche den zeitlichen Ablauf eines konkreten Projektes beschreiben, können abgebildet werden. Auch *Anwendungsmodelle*, also die tatsächliche Durchführung eines Projekts, lassen sich im Phasenmodell beschreiben. Der Abgleich von Anwendungs- und Implementierungsmodell entspricht dabei einer Projektfortschrittskontrolle. Formal entspricht die Überleitung eines Referenzmodells in ein Implementierungs- und Anwendungsmodell einer *Instanziierung* (Albers & Muschik, 2010). ALBERS UND MUSCHIK (2010) haben dem Grad der Instanziierung dem der Individualisierung gegenübergestellt und ein Framework zur Einordnung von Prozessmodellen abgeleitet (vgl. Abbildung 2-30).

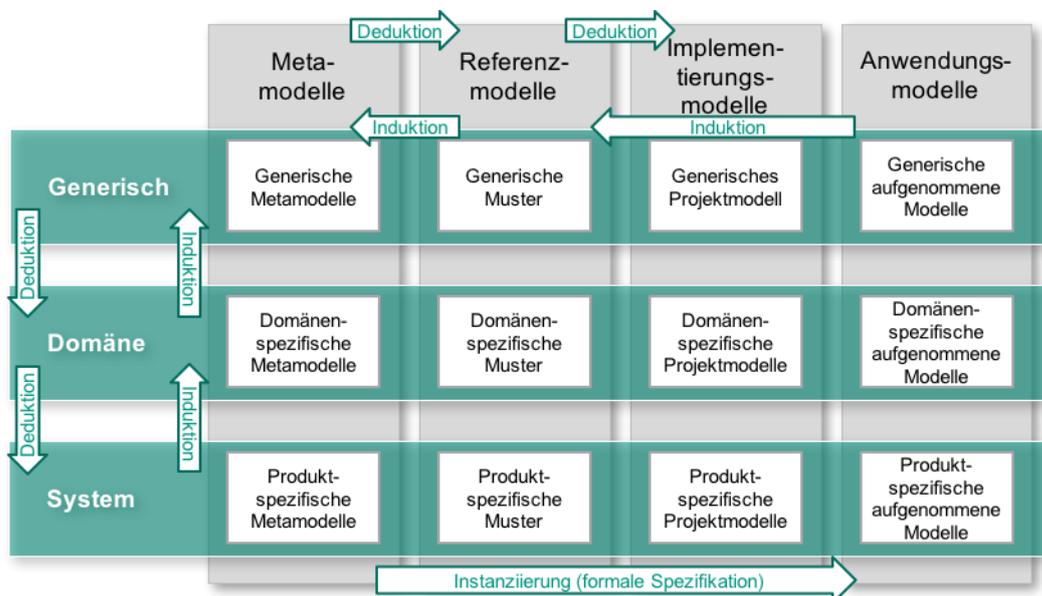


Abbildung 2-30: Abstraktionsgrade des iPems nach ALBERS & MUSCHIK (2010)

Der Grad der Individualisierung des iPems wird dabei in generell, domänenspezifisch und produktspezifisch unterschieden (Albers & Muschik, 2010). Die Deduktion des generellen Metamodells erlaubt es damit für den Anwendungsfall domänenspezifische und projektspezifische Metamodelle auszuleiten.

### 2.3.3 Zwischenfazit

Die vorgestellten Prozessmodelle der Produktentstehung bieten methodische Unterstützung, müssen jedoch an den Anforderungen der Praxis gespiegelt werden. Insbesondere wird disziplinübergreifende Zusammenarbeit bei der Anforderungsdefinition als ein kritischer Erfolgsfaktor für Prozessmodelle erkannt, Potenziale für eine konkrete methodische Unterstützung werden jedoch nicht vollumfänglich erschlossen. Ganzheitliche Produktmodelle wie das iPem bilden ein entsprechendes Meta-Modell für die Modellierung komplexer Entwicklungsprojekte.

Durch das Auflösen eines Phasen- und eines Aktivitäten-basierten Vorgehens können reale Entwicklungsprojekte beschrieben werden. Insbesondere die Aktivität „Profile finden“ aggregiert Inhalte, welche für die initiale Zielsystembildung von Bedeutung sind. Referenzprozesse für den Anwendungsfall der initialen Zielsystembildung in der „Frühen Phase“ von Entwicklungsprojekten gilt es jedoch noch zu konkretisieren, um einer praxisnahen, methodischen Unterstützung gerecht zu werden. Hierbei muss auch einer praxisnahen Modellierung von Produktentstehungsprozessen, die weitgehend sequenziell erfolgt, Rechnung getragen werden.

### **2.4 Zielsysteme in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung**

Das Zielsystem bildet die Grundlage für die Entwicklung des richtigen Produktes. Insbesondere zu Beginn des Produktentstehungsprozesses werden Entscheidungen mit nachhaltigem Einfluss auf die folgenden Schritte im Produktentstehungsprozess getroffen. Der initialen Zielsystembildung kommt damit große Bedeutung zu. Um Rahmenbedingungen und Umfeld für diesen Zielbildungsprozess zu verstehen, werden im Folgenden die grundsätzlichen Charakteristika der „Frühen Phase“ von Entwicklungsprojekten vorgestellt sowie eine Abgrenzung für die Frühe Phase im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung gegeben. Im Anschluss wird das systemische Verständnis von Zielen vertieft und wesentliche Begriffsdefinitionen im Kontext der Produktentwicklung eingeführt. Abschließend wird der Aspekt der bereichsübergreifenden Zusammenarbeit im Kontext der Zielsystembildung hervorgehoben und verdeutlicht. Hierbei steht insbesondere die Differenzierung zwischen interdisziplinärer und cross-funktionaler Zusammenarbeit im Fokus.

#### **2.4.1 Die Frühe Phase im Modell der PGE**

Die grobe Ausrichtung der Entwicklungsaktivitäten findet mit der Definition initialer Ziele in der „Frühen Phase“ des Produktentstehungsprozesses statt. Die „Frühe Phase“ zeichnet sich dabei durch Besonderheiten aus, welche sie von späteren Entwicklungsphasen unterscheidet. Diese werden im Folgenden diskutiert. Im Anschluss wird die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung eingeführt. Diese konkretisiert das häufig etwas undifferenzierte Verständnis des Begriffs „Frühe Phase“ und überführt ihn in die Entwicklungsmethodik der PGE.

##### **2.4.1.1 Charakteristika der „Frühen Phase“ in der Produktentstehung**

GRABOWSKI UND GEIGER (1997) beschreiben im *Paradox der Produktentwicklung*, dass in der „Frühen Phase“ des Entwicklungsprozesses zwar viel verändert werden kann, aber die Auswirkungen der Entscheidungen kaum bekannt sind. Im Gegensatz hierzu stehen die späteren Phasen, in denen Auswirkungen beurteilt werden können, jedoch kaum mehr Änderungen möglich sind. Fallstudien belegen, dass Entscheidungen in

der „Frühen Phase“ maßgeblich über den Erfolg des Produktes entscheiden und Auswirkungen auf den gesamten Produktlebenszyklus haben (Cooper & Kleinschmidt, 1993). Abbildung 2-31 illustriert diesen Zusammenhang anhand der Möglichkeiten zur Beeinflussung von Kosten und der tatsächlichen Kostenentstehung.

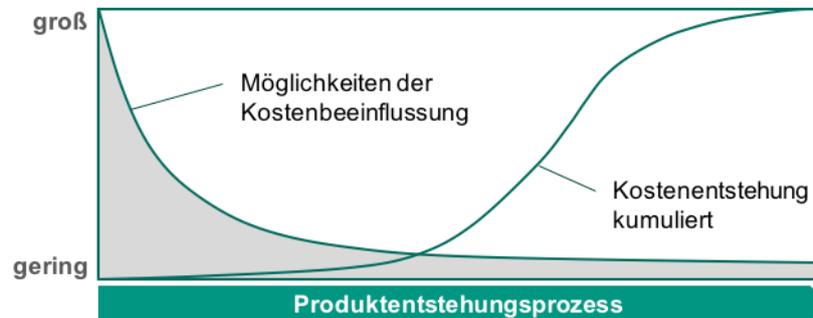


Abbildung 2-31: Einflussnahme und Kostenbeeinflussung in der „Frühen Phase“ nach EHRENSPIEL & MEERKAMM (2013, S. 668)

Da Aktivitäten in der „Frühen Phase“ von Produktentstehungsprozessen oftmals unstrukturiert und dynamisch ablaufen, wird die „Frühe Phase“ auch als „fuzzy front end“ bezeichnet. Aus diesem Grund lassen sich auch nur begrenzt allgemein gültige Aussagen über die „Frühe Phase“ festhalten (Khurana & Rosenthal, 1997). VERWORN (2005, S. 31ff.) hat dennoch basierend auf der bestehenden Literatur eine Übersicht über *Charakteristika der „Frühen Phase“* zusammengefasst (vgl. Tabelle 2-5).

Tabelle 2-5: Charakteristika der „Frühen Phase“ nach VERWORN (2005, S. 32)

Faktor	Charakteristika der Frühen Phase
Kommunikation	informell
Schnittstellen zwischen Aufgaben- bzw. Funktionsbereichen	häufig unklare Verantwortlichkeiten, unterschiedliche Zielsetzungen, hohes Maß an Interdisziplinarität
Top-Management-Unterstützung	gering
Informationsprozesse	komplex, Wissen liegt häufig als tazites Wissen vor
Unsicherheit	hoch
Dokumentationsgrad	gering
Strukturierung und Formalisierung	gering
Ressourceneinsatz	gering

Insbesondere der Umgang mit *Unsicherheit* spielt in der „Frühen Phase“ der Produktentstehung eine entscheidende Rolle (Verworn, 2005, S. 20; Muschik, 2011, S. 26ff.). Im Kontext der Problemlösung beschreibt Unsicherheit dabei die Differenz zwischen benötigten und vorhandenen Informationen (Galbraith, 1973). Eine Folge daraus ist, dass im Rahmen von Entwicklungsprozessen mitunter Prämissen angenommen werden, die nicht korrekt sind (Weck, Eckert & Clarkson, 2007). Die Unsicherheit kann grundsätzlich bekannt oder unbekannt sein und sich sowohl auf die vorhandene Datenbasis als auch auf die Produktdefinition beziehen (Earl, Johnson &

Eckert, 2005). Ferner lässt sich die Unsicherheit nach ihrer Herkunft klassifizieren: zum einen existieren Wissenslücken und zum anderen Definitionslücken. Erstgenannte beschreiben dabei einen Mangel an akquiriertem Wissen, letztgenannte sind auf einen Mangel an Festlegungen und Spezifikationen zurückzuführen (McManus & Hastings, 2005). Hieraus resultiert ALBERS zufolge ein Unsicherheitsdilemma: Zum Schließen von Definitionslücken wird problemspezifisches Wissen benötigt, zu dessen Generierung wiederum Definition notwendig ist (Albers, Lohmeyer & Ebel, 2011).

### 2.4.1.2 Abgrenzung der Frühen Phase der PGE

Eine zeitliche Abgrenzung der „Frühen Phase“ kann nicht eindeutig vorgenommen werden. Dennoch werden Vorschläge gemacht, wie sich auch in einem zeitlichen Bezug die „Frühe Phase“ von den nachfolgenden Entwicklungsschritten abgrenzen lässt. Ein Kriterium hierbei ist der geringere Grad der Strukturiertheit der „Frühen Phase“. Daher wird diese PAHL ET AL. folgend oftmals im Kontext von Neukonstruktionen beschrieben.<sup>20</sup> Im Kontext von Innovationsprojekten wird die „Frühe Phase“ auch als „front end of innovation“ bezeichnet (Koen, Ajamian, Burkart, Clamen & Davidson, 2001). Wesentliche Aktivitäten der „Frühen Phase“ sind in diesem Zusammenhang insbesondere die Ideengenerierung sowie deren Bewertung (Cooper & Kleinschmidt, 1993; Khurana & Rosenthal, 1997; Herstatt & Verworn, 2007). Die „Frühe Phase“ endet diesem Verständnis nach mit der positiven Entscheidung für ein Entwicklungsprojekt und dem damit verbundenen Übergang in den strukturierten Entwicklungsprozess. Abbildung 2-32 gibt eine Übersicht über unterschiedliche Abgrenzungen der „Frühen Phase“ in der Literatur.

Autor	Spezifikum	Visualisierung
KHURANA & ROSENTHAL 1998	Finanzierung und Start der Produktentwicklung auf Basis einer „Go / No-Go“ Entscheidung	
KOEN ET AL. 2001	Alle Aktivitäten vor dem Beginn des formalen und strukturierten Produktentwicklungsprozesses	
JETTER 2005	Brücke zwischen der strategischen Produktplanung und der Produktentwicklung	
MUSCHIK 2011	Zeitraum von der Initiierung eines Projektes bis zur Formulierung einer ersten Produktspezifikation	

Abbildung 2-32: Definitionen der „Frühen Phase“ in der Literatur nach BURSAC (2016, S. 44)

Insbesondere das Verständnis von MUSCHIK konkretisiert die Anforderungen an den Abschluss der „Frühen Phase“ (Muschik, 2011, S. 21). Diesem folgend endet die

<sup>20</sup> vgl. Abschnitt 2.2.2

„Frühe Phase“ mit einer Produktspezifikation, welche bereits die notwendigen Komponenten sowie die technischen und technologischen Parameter umfasst. Mit Hilfe des Modells der PGE lässt sich dieses Verständnis weiterentwickeln, in dem der notwendige Reifegrad für den Beginn des Entwicklungsprojektes konkretisiert wird:

**Definition: Frühe Phase im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS, RAPP, BIRK & BURSAC (2017)<sup>21</sup>**

Die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung ist eine Phase im Entwicklungsprozess einer neuen Produktgeneration, die mit der Initiierung eines Projektes beginnt und mit einer bewerteten technischen Lösung endet, die das initiale Zielsystem hinsichtlich seiner wesentlichen Elemente abdeckt. Die zur technischen Lösung gehörende Produktspezifikation als Teil des Zielsystems enthält u.a. Informationen bzgl. der verwendeten Technologien und Subsysteme sowie deren Übernahme- und Neuentwicklungsanteile. Sie ermöglicht eine valide Bewertung des zu entwickelnden technischen Systems hinsichtlich der relevanten Parameter, wie z.B. der Produzierbarkeit, der notwendigen Ressourcen sowie des technischen und ökonomischen Risikos.

In einigen Branchen – so auch in der Automobilbranche – ist es üblich, dass innerhalb der Entwicklung einer neuen Produktgeneration *Vorentwicklungs- und Forschungsprojekte* durchgeführt werden (Heismann & Maul, 2012). Diese sind in ihrer grundsätzlichen Struktur mit der Entwicklung einer neuen Produktgeneration zu vergleichen und besitzen ebenfalls eine „Frühe Phase“ (vgl. Abbildung 2-33).

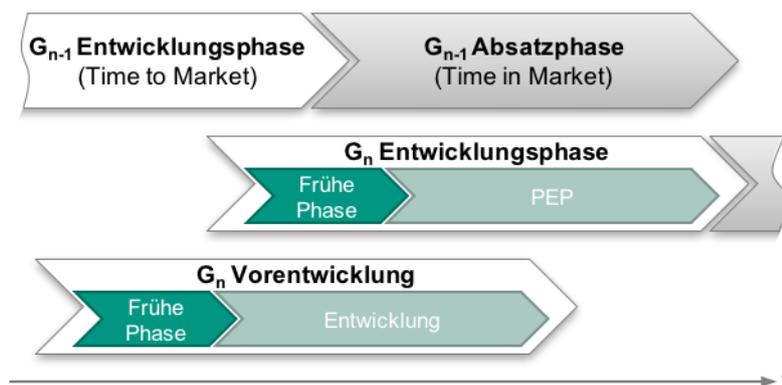


Abbildung 2-33: Schematische Darstellung der Frühen Phasen im Modell der PGE mit Vorentwicklung eines (Teil-)Systems nach BURSAC (2016, S. 46)

Die Abbildung verdeutlicht den zeitlichen Bezug zwischen einem Vorentwicklungsprojekt und der Entwicklung der dazugehörigen Produktgeneration.

<sup>21</sup> Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden nur noch von der „Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung“ gesprochen

Ein Vorentwicklungsprojekt kann dabei als eigener Entwicklungsprozess verstanden werden, der wiederum eine eigene „Frühe Phase“ durchläuft, welche die spezifischen Charakteristika aufweist, jedoch unter anderen Rahmenbedingungen. Zumeist fokussieren diese Projekte Teilsysteme der zu entwickelnden Produktgeneration und dienen einer frühzeitigen Validierung zentraler Kerntechnologien.<sup>22</sup> Daraus resultiert, dass bei der Entwicklung eines Produktes viele „Frühe Phasen“ durchlaufen werden und nicht von „der“ Frühen Phase gesprochen werden kann (Albers et al., 2017).

## 2.4.2 Systemisches Verständnis von Zielen

Eine wesentliche Aufgabe in der Frühen Phase der PGE ist die Zielsystembildung. Hierzu ist ein systemisches Verständnis von Zielen und ihren Wechselwirkungen erforderlich. Im Folgenden werden daher die wesentlichen Begriffe und Definitionen in diesem Kontext eingeführt und erläutert.

### 2.4.2.1 Zielsysteme in der Produktentstehung

Nach ALBERS (2010) beinhaltet das Zielsystem alle relevanten Ziele, deren Wechselwirkungen, Randbedingungen und Begründungen, die für die Entwicklung des richtigen Produktes erforderlich sind. Diese *Produktziele* beschreiben das zu entwickelnde Produkt. BADER (2007, S. 19) zufolge nehmen sie eine zentrale Rolle ein, stehen jedoch mit einer Vielzahl weiterer Ziele in Beziehung (vgl. Abbildung 2-34).

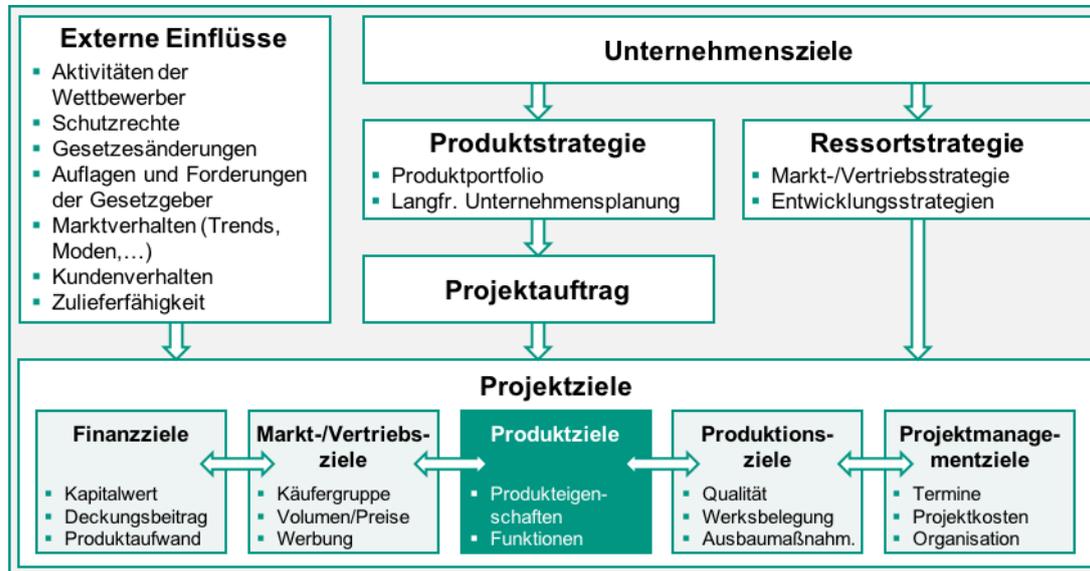


Abbildung 2-34: Produktziele als Bestandteil des Zielsystems eines Entwicklungsprojekts nach BADER (2007, S. 20)

Unternehmensziele umfassen demnach Zielsetzungen auf höchster Unternehmensebene. Oftmals beinhalten sie die mittel- bis langfristige Absicherung

<sup>22</sup> z.B. die Entwicklung einer Keramikbremse auf Basis einer Stahlbremse (vgl. Harrer, Görlich, Reuter & Wahl, 2013)

des Unternehmenserfolgs z.B. durch Gewinnziele (Wöhe & Döring, 2013). Aus den Unternehmenszielen leitet sich eine Produktstrategie ab, woraus sich für einzelne Produktentwicklungsprojekte entsprechende Projektaufträge ableiten. Die hierin enthaltenen Projektziele lassen sich nach Bader in fünf *Sub-Zielsysteme* unterteilen: Finanzziele, Markt- und Vertriebsziele, Produktziele, Produktionsziele und Projektmanagementziele. Für die Operationalisierung des Zielsystems fordert EILETZ (1999, S. 61) die *Durchgängigkeit* der Ziele. Das bedeutet, dass konkrete Detailziele an den jeweils übergeordneten Zielen ausgerichtet werden müssen. Abbildung 2-35 zeigt diesen Zusammenhang und veranschaulicht ihn am Beispiel der Automobilentwicklung.

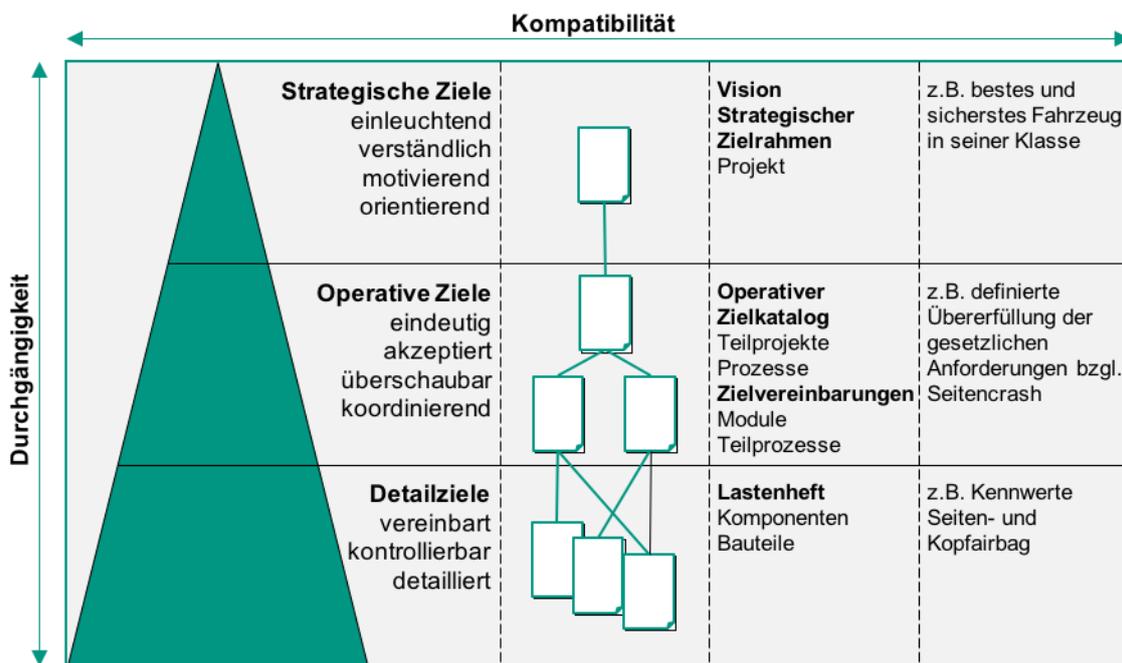


Abbildung 2-35: Durchgängigkeit und Kompatibilität im Zielsystem nach EILITZ (1999, S. 61)

Außerdem zeigt die Abbildung, dass die *Kompatibilität* der Ziele sichergestellt werden muss, also die Zuordnung der Ziele zu den entsprechenden Organisationsstrukturen, um die Verbindlichkeit der Ziele zu gewährleisten (Eiletz, 1999, S. 62). Ziele stehen außerdem in Beziehung zueinander (Albers, Klingler & Ebel, 2013). Zur Gewährleistung der Durchgängigkeit und Kompatibilität sind verschiedene Arten der *Vernetzung* denkbar: hierarchische und nicht-hierarchische Beziehungen zwischen Zielsystemelementen (vgl. Abbildung 2-36) (Albers, Klingler & Ebel, 2013; Gebauer, 2001, S. 45). Dies entspricht dem allgemeinen Verständnis der Systemtheorie (vgl. Abschnitt 2.1.1).

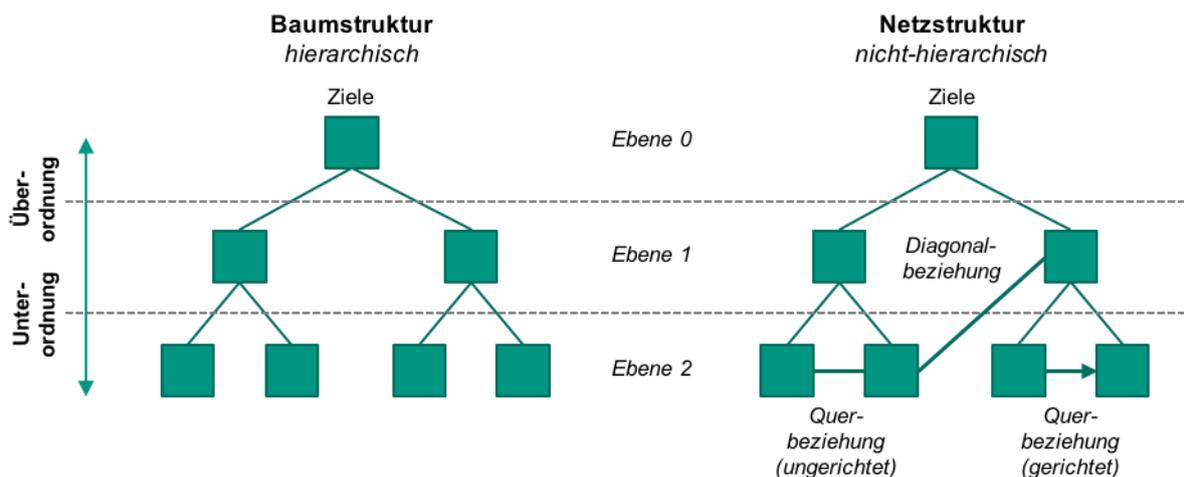


Abbildung 2-36: Beziehungen im Zielsystem nach GEBAUER (2001, S. 48)

Aus der hierarchischen Struktur ergibt sich dabei eine Baumstruktur, in der Beziehungen durch den Abstraktionsgrad bestehen. Die aus der nicht-hierarchischen Beziehung entstehende Netzstruktur erweitert die Baumstruktur außerdem durch ungerichtete und gerichtete Beziehungen zwischen den Elementen. Ungerichtete Beziehungen beeinflussen sich dabei gegenseitig (bidirektional), gerichtete hingegen bringen die Beeinflussung eines Elements durch ein anderes zum Ausdruck (unidirektional) (Gebauer, 2001, S. 49). Die semantischen Beziehungen der Elemente einer Netzstruktur lassen sich GEBAUER zufolge in sechs Relationen unterscheiden: Ein Element zerlegt sich in zwei oder mehr Elemente, ein Element setzt sich aus zwei oder mehr Elementen zusammen, ein Element wird aus einem anderen erzeugt, ein Element unterstützt ein anderes, ein Element konkurriert mit einem anderen oder ein Element ist gegensätzlich zu einem anderen (Gebauer, 2001, S. 50). KRUSE (1996, S. 78) beschreibt ebenfalls Struktur- und Semantikbeziehungen im Zielsystem. Dabei bilden *Strukturbeziehungen* Hierarchien im Zielsystem aus und führen somit zu einer Konkretisierung, Spezialisierung, Dekomposition oder Variation. *Semantikbeziehungen* demgegenüber beschreiben die Wirkung einzelner Elemente aufeinander, indem diese ausschließend, konkurrierend und unterstützend sein können.

*Partialmodelle* dienen in der Produktentstehung der Beschreibung unterschiedlicher Teilmodelle eines Gesamtmodells, welche weitgehend unabhängig voneinander bearbeitet werden können. Sie fassen dabei diejenigen Elemente zusammen, die sehr eng miteinander verknüpft sind, wodurch die Beziehungen innerhalb eines Partialmodells eher komplex und die zwischen Partialmodellen relativ einfach sind (von Both, 2004, S. 65). Für das übergreifende, systemische Verständnis eines Produktes im Produktentstehungsprozess schlägt STECHERT (2010, S. 41) die Verwendung von elf Partialmodellen vor (Tabelle 2-6). Für die Abbildung aller relevanten Ziele, deren Wechselwirkungen, Randbedingungen und Begründungen

müssen demnach auch Partialmodelle berücksichtigt werden, die nicht primär dem Zielsystem zuzuordnen sind, sondern eher dem Handlungs- oder Objektsystem (Albers, Ebel & Sauter, 2010).

Tabelle 2-6: Partialmodelle der Produktentstehung nach STECHERT (2010, S. 41)

Partialmodell	Beschreibung
Stakeholdermodell	sämtliche über den Produktlebenslauf involvierten Rollen
Produktlebenslaufmodell	sämtliche Aktivitäten, die während des Produktlebens durchgeführt werden
Produktumgebungsmodell	außerhalb der Systemgrenzen liegende Gegebenheiten, die Einfluss auf das Produkt haben
Systemideemodell	stellt verschiedenen Aspekte der Systemidee dar
Zielmodell	alle Ziele, die das zukünftige Produkt erfüllen soll
Anforderungsmodell	alle notwendigen Anforderungen; stellt diese z.B. als Vertragsgrundlage, Entwicklungsleitfaden, Statusüberprüfung oder zum Testen bereit
Funktionsmodell	zerlegt das zu entwickelnde Produkt in die zu erfüllenden Funktionen und stellt diese z.B. in Form einer Funktionsstruktur dar
Strukturmodell	stellt die strukturellen Komponenten durch die Modellierung einzelner Module und deren Anordnung dar
Verhaltensmodell	beschreibt das Verhalten des Produkts: Eigenschaften, die über die reine Funktionserfüllung hinausgehen
Kostenmodell	erfasst alle interessierenden Kosten und weist sie bestimmten Kostenträgern zu
Testmodell	beinhaltet die Testkriterien, die für eine Bewertung und Abnahme des Produkts bzw. von Konzepten notwendig sind

Einen ganzheitlichen Ansatz zur Beschreibung und Verknüpfung von Partialmodellen liefern GAUSEMEIER, TSCHIRNER, DUMITRESCU UND GAUKSTERN (2012) mit der Spezifikationstechnik CONSENS (Conceptual Design Specification Technique for the Engineering of complex systems). Dabei werden alle aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht relevanten Aspekte für die Beschreibung eines Produktkonzepts in einer semi-formalen Notation berücksichtigt. Die hier betrachteten, interagierenden Partialmodelle sind: Umfeld, Anwendungsszenarien, Anforderungen, Funktionen, Wirkstruktur und Gestalt & Verhalten. Darüber hinaus sind in CONSENS die Anforderungen, Prozesse, Ressourcen und die Gestalt des Produktionssystems enthalten. Da die beschreibende Prinziplösung als ein konsistentes Ganzes der interagierenden Aspekte gesehen werden kann, besteht diese aus einem kohärenten System von Partialmodellen. Neben der Detaillierung der Partialmodelle liefert CONSENS auch einen Ansatz zur Modellierung und Verknüpfung dieser – ebenso wird das Vorgehen zum Finden von Prinziplösungen geliefert (Dorociak, Dumitrescu, Gausemeier & Iwanek, 2014).

#### **2.4.2.2 Differenzierung von Zielen, Anforderungen und Randbedingungen**

In der Literatur existiert keine eindeutige Trennung zwischen *Zielen* und *Anforderungen* im Kontext der Produktentstehung (Stechert, 2010, S. 11). OERDING (2009, S. 85) hält eine Trennung von Zielen und Anforderungen sogar nur bedingt für möglich. LINDEMANN (2009, S. 95) zufolge müssen eine Vielzahl an Entwicklungszielen erreicht werden, wie z.B. Projektziele oder Terminziele. Anforderungen wiederum sind ihm zufolge produkt- und prozessspezifisch, wie z.B. das maximale Gewicht. Außerdem hält er fest, dass Anforderungen die Lösungsfindung einschränken und gleichzeitig als Bewertungsgrundlage für die Auswahl von Lösungskonzepten dienen. PONN UND LINDEMANN (2011, S. 35) beschreiben Anforderungen als Soll-Eigenschaften eines Produktes. Sie konkretisieren die Ziele, welche unscharf sein können und die Soll-Vorstellungen des Kunden beschreiben. Sowohl CROSS (2008, S. 77ff.) als auch ALBERS ET AL. (2013) beschreiben Ziele als einen Bedarf (need), welcher alles beinhaltet, was das Produkt erreichen soll. Anforderungen hingegen beschreiben, was ein Produkt können soll. EILETZ (1999, S. 8ff.) zufolge können Ziele durch aktives Handeln erreicht oder nicht erreicht werden und stellen somit kollektiv beschlossene Soll-Zustände dar. Anforderungen wiederum beschreiben gewünschte Sachverhalte bzw. Eigenschaften der Lösung.

Zur Abgrenzung von Zielen und Anforderungen wird in der Literatur darüber hinaus der Begriff der *Randbedingungen* genutzt. ALBERS ET AL. (2013) und BADER (2007, S. 12) zufolge können sich Anforderungen sowohl aus Zielen als auch aus Randbedingungen ableiten. LOHMEYER (2013) führt außerdem an, dass Randbedingungen oftmals nicht vom Entwicklungsteam selbst verantwortet werden können – es ist jedoch eine Hauptaufgabe in der Frühen Phase der PGE diese zu identifizieren. Dabei können sie nicht eigenständig definiert und verändert werden. Vielmehr ergeben sich Anforderungen aus dem Umfeld des Entwicklungsprojektes und schränken dieses ein (Pohl, 2007, S. 19). MUSCHIK (2011, S. 17; S. 22ff.) präzisiert Randbedingungen: exogene Randbedingungen haben dabei ihren Ursprung außerhalb der Unternehmensgrenzen, endogene entstammen innerhalb der Unternehmensgrenzen. POHL (2007, S. 13ff.) gibt eine Unterscheidung von Zielen, Randbedingungen und Anforderungen vor. Dabei ist ein Ziel die zweckbestimmte Beschreibung eines Merkmals des Systems oder Prozesses. Anforderungen hingegen sind Eigenschaftsausprägungen (oder Bedingungen), die ein System bzw. einen Prozess aufweisen muss, um ein Problem zu lösen und das Ziel zu erreichen oder einem Standard/Norm/Vertrag zu genügen. Eine Randbedingung wiederum ist nur schwer bzw. nicht veränderbar, diese schränkt jedoch das zu entwickelnde System ein. Abbildung 2-37 zeigt das daraus resultierende Verständnis von Zielen, Anforderungen und Randbedingungen.

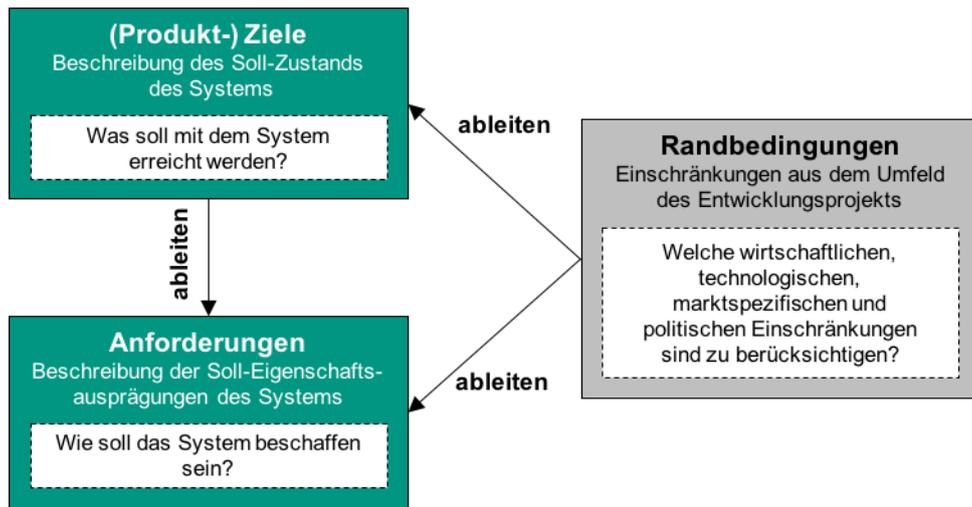


Abbildung 2-37: Unterscheidung von Zielen, Anforderungen und Randbedingungen nach EBEL (2015, S. 67)

POHL stellt außerdem die positiven Auswirkungen der Berücksichtigung von Zielen für den anforderungsorientierten Produktentstehungsprozess heraus: eindeutig definierte Ziele führen zu einem besseren Systemverständnis und Akzeptanz aller Akteure, fördern die Ableitung sowie Definition von Anforderungen, unterstützen bei der Identifikation von belanglosen oder gar fehlerhaften Anforderungen und fördern das systematische (Auf-)Lösen von Konflikten (Pohl, 2007, S. 89).

Für ein umfassendes Zielsystemverständnis stellt die *Beurteilung von Zielen* eine wesentliche Voraussetzung dar (Albers et al., 2011a; Ebel, 2015, S. 99). EBEL schlägt für diese Beurteilung vier Dimensionen vor (vgl. Abbildung 2-38).

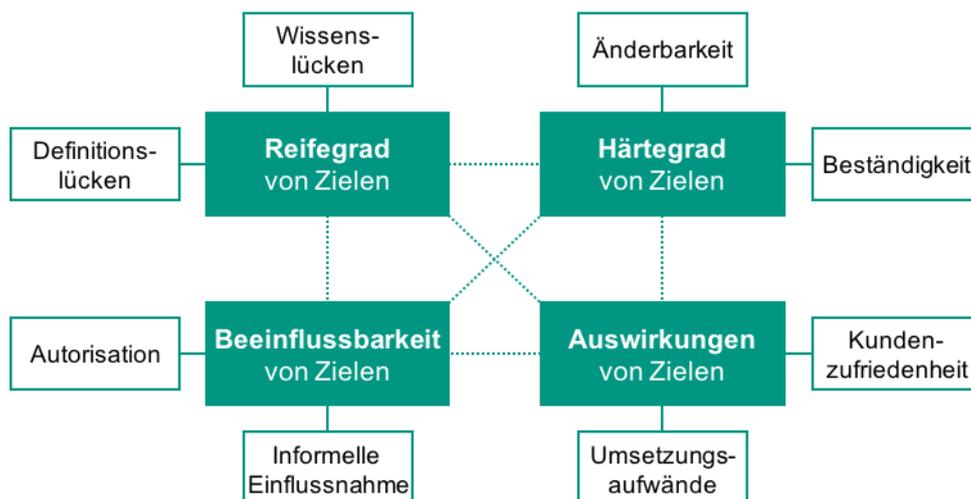


Abbildung 2-38: Beurteilungsdimensionen von Zielen nach ALBERS ET AL. (2013) und EBEL (2015, S. 107)

Der *Reifegrad* von Zielen beschreibt demnach die Vollständigkeit, mit der die Wissens- und Definitionslücken eines Ziels geschlossen sind. Der *Härtegrad* von Zielen beschreibt die definierte Änderbarkeit eines Ziels und spiegelt damit den Willen der

beteiligten Akteure wider, an einem bestehenden Ziel festzuhalten. Die *Auswirkung* von Zielen beschreibt die Konsequenzen einer Zieldefinition oder -änderung hinsichtlich des resultierenden Kunden- und Anbieternutzens. Die *Beeinflussbarkeit* von Zielen beschreibt die Fähigkeit einzelner Akteure oder Organisationseinheiten, ein bestimmtes Ziel zu definieren bzw. zu ändern. Diese Dimension ist somit stark abhängig von der individuellen Betrachtung der einzelnen Akteure (Albers et al., 2011a; Ebel, 2015, S. 100ff.).

### 2.4.2.3 Zielbildung und Dokumentation

Ziele liegen nicht einfach vor, sondern müssen aktiv gebildet werden (Haberfellner, de Weck, Fricke & Vössner, 2012, S. 219). Der Prozess kann als *Zielbildung* bezeichnet werden. Ihm kommt eine besondere Bedeutung zu, da Ziele nur dann die Lösungssuche steuern können, wenn sie expliziert, allen relevanten Akteuren bekannt und akzeptiert sind.<sup>23</sup> Neben der Antizipation zukünftiger Anforderungen ist hierbei die bewusste Auswahl von Anforderungen aus einer großen Summe von unterschiedlichen Anforderungsstellern eine Hauptaufgabe (Eiletz, 1999, S. 12).

Das Zielsystem wird über den Produktlebenszyklus und insbesondere im Produktentstehungsprozess fortwährend erweitert und konkretisiert. Zu Beginn des Produktentstehungsprozesses kann demzufolge kein vollständiges Zielsystem vorliegen. Dennoch muss jeder Produktentstehungsprozess mit einem initialen Zielsystem beginnen, welches den Impuls für die Entwicklung liefert (Ebel, 2015, S. 65; Albers, Heitger et al., 2018c).

#### **Definition: Initiales Zielsystem (Albers, Heitger et al., 2018c)**

Das initiale Zielsystem liefert zu Beginn des Produktentstehungsprozesses die ersten grundlegenden Ziele sowie die Begründungen für die Entwicklung des richtigen Produktes.

Im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung basieren die Inhalte des initialen Zielsystems oftmals wesentlich auf dem Zielsystem der Vorgängergeneration und lediglich ausgewählte Inhalte werden abgeändert oder ergänzt (Albers, Heitger et al., 2018c).

Auch wenn wie in Abschnitt 2.4.2.2 hergeleitet Anforderungen aus Zielen abgeleitet werden können, läuft der Zielbildungsprozess nicht sequentiell ab. Dies liegt an den starken Wechselwirkungen zwischen Zielen, Anforderungen und Randbedingungen. Daher ist die direkte Schlussfolgerung einer Lösung aus Zielen in der Regel nicht möglich (Darlington & Culley, 2002). Insbesondere Kunden tendieren dazu, bei der

---

<sup>23</sup> vgl. hierzu auch den folgenden Abschnitt 2.4.3

Formulierung ihrer Bedarfe sowohl abstrakte als auch sehr konkrete Ziele bzw. Anforderungen zu nennen. Die Begründung hierfür liegt LINDEMANN (2009, S. 96) zufolge in einem hohen Anteil impliziter Informationen, welche für den Zielbildungsprozess relevant sind. Zum Explizieren der impliziten Informationen ist daher eine intensive Kommunikation mit dem Endkunden bzw. Auftraggeber unerlässlich (Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 391ff.). In der Literatur werden eine Vielzahl möglicher Methoden zur Unterstützung der Anforderungserfassung aufgezählt (vgl. z.B. Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 399ff.).

Die Dokumentation von Zielsystemen erfolgt zumeist in Form von Lasten- und Pflichtenheften (Pohl, 2007, S. 231). Das *Lastenheft* beschreibt dabei die Anforderungen des Auftraggebers und definiert damit das „Was“ und „Wofür“ der Entwicklung (VDI 2519, 2001). Das *Pflichtenheft* erweitert diese Anforderungen um die notwendigen Realisierungsanforderungen und damit das „Wie“ und „Womit“ für die Entwicklung (VDI 2519, 2001). Das Lastenheft wird typischerweise vom Auftraggeber erstellt, das Pflichtenheft wiederum vom Auftragnehmer. Wesentliche Elemente zur Strukturierung der Ziele und Anforderungen in diesen umfangreichen Dokumentationen sind Anforderungslisten (Ponn & Lindemann, 2011, S. 40). Um den Anforderungen komplexer Zielsysteme gerecht zu werden, ist ein aktueller Forschungsgegenstand, die Erforschung von Ansätzen, die über die statische Dokumentation in textueller Form hinausgeht.

EBERT gibt eine Übersicht über in der Praxis verbreitete Ansätze und Werkzeuge (Ebert, 2012, S. 334). Die Werkzeuge weisen dabei verschiedene Charakteristika auf, welche unterschiedlich gut den Zielbildungsprozess zu verschiedenen Zeitpunkten in der Produktentwicklung unterstützen. Insbesondere modellbasierte Ansätze stellen dabei aufgrund ihrer Durchgängigkeit und der Verwendung unterschiedlicher Partialmodelle einen vielversprechenden Ansatz dar (Rutkowski, 2015, S. 43ff.)<sup>24</sup>(Ebel, 2015, 69ff.).

ALBERS, KÜHN UND DUMITRESCU (2017) stellen im Rahmen der modellbasierten Entscheidungsunterstützung in der Produktgenerationenplanung einen Ansatz vor, wie sich auf Basis von Modellen einer Vorgängergeneration ein (Produkt-) Eigenschaftsprofil mit geeigneten Differenzierungsmerkmalen ableiten lässt. Auf Basis eines Model-Based Systems Engineering (MBSE) Ansatzes können so über das Systemmodell Rückschlüsse auf den Entwicklungsaufwand gezogen werden. Für diese Bewertung sind jedoch umfassende Systemmodelle notwendig, welche zum Zeitpunkt der initialen Zielsystembildung nur begrenzt zur Verfügung stehen oder, wenn vorhanden, den Lösungsraum für das Produktprofil stark einschränken würden.

---

<sup>24</sup> Co-betreute Abschlussarbeit

Die modellbasierte Entscheidungsunterstützung stellt jedoch einen vielversprechenden Ansatz zur Konkretisierung des initialen Zielsystems dar.

Besonders in der Frühen Phase der PGE sind auch andere, weniger umfangreiche Dokumentationsarten denkbar. ALBERS schlägt z.B. die Dokumentation erster Ziele in Form von Mind-Maps vor, um insbesondere die vorhandenen Zusammenhänge, Querverweise und Abhängigkeiten einfach abbilden zu können (Albers et al., 2013).

### **2.4.3 Bereichsübergreifende Zusammenarbeit in der Zielsystembildung**

Die Entwicklung des Zielsystems in der Frühen Phase der PGE findet unter Berücksichtigung einer Vielzahl organisationaler Funktionsbereiche statt (vgl. z.B. Jetter & Schröder, 2007; Kohler, 2008, S. 130ff.; Kohn, 2006). Die Mitarbeiter der einzelnen organisationalen Funktionsbereiche versuchen dabei, die funktionsbereichsintern festgelegten Produktziele im Zielsystem bestmöglich abzubilden (Gerpott, 1991, S. 2) – sowohl innerhalb der Forschungs- und Entwicklungsabteilungen, als auch ressortübergreifende Abstimmungs- und Informationsaustauschprozesse sind daher notwendig. Gleichzeitig weisen die Mitarbeiter, sowohl innerhalb eines Funktionsbereiches als auch zwischen diesen, unterschiedliche disziplinäre Ausbildungen auf (z.B. Maschinenbauingenieure, Elektrotechniker oder Betriebswirte). Folglich findet im Rahmen der Zielsystembildung eine funktionsbereichsübergreifende und gleichzeitig eine disziplinübergreifende Zusammenarbeit statt. Aufgrund der funktionsbereichs- und disziplinspezifischen Unterschiede nehmen die einzelnen Mitarbeiter dabei verschiedene Sichten auf das zu entwickelnde Produkt ein (Bucciarelli, 2002). Im Folgenden wird das dafür notwendige Verständnis in der Literatur vertieft.

#### **2.4.3.1 Disziplinübergreifende Zusammenarbeit**

Die Erforschung inter- und transdisziplinärer Zusammenarbeit ist in der nahen Vergangenheit immer mehr in den Fokus der Forschung gerückt (Mai, 2014, S. 105f.). Nicht zuletzt, weil an den Schnittstellen traditioneller Disziplinen ein hohes Innovationspotenzial besteht (z.B. Ropohl, 2009, S. 73). Die Literatur ist jedoch nicht konsistent in der Verwendung der Begrifflichkeiten. Begriffe, wie Multi-, Pluri-, Cross-, Inter- oder Transdisziplinarität werden teilweise synonym oder nicht entsprechend ihrer Bedeutung verwendet (Jungert, 2013).

Eine *Disziplin* kann DEFILA UND DI GIULIO (1998) zufolge als eine kognitive und soziale Einheit innerhalb der Wissenschaft verstanden werden. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass sie eine eigene Fachsprache, Theorien und Methoden besitzt. Das führt dazu, dass Mitarbeiter verschiedener Disziplinen einen exemplarischen Gegenstand unterschiedlich – mit einer eigenen Perspektive – wahrnehmen (Defila &

Di Giulio, 1998). Typische Disziplinen im Rahmen der Produktentwicklung sind z.B. Maschinenbau, Elektrotechnik oder Informatik (z.B. Ebel, 2015, S. IX)).

*Multidisziplinarität* beschreibt JANICH UND ZAKHAROVA (2011) zufolge die Bearbeitung einer gemeinsamen Problemstellung durch verschiedene Disziplinen. Jede Disziplin betrachtet die Problemstellung dabei aus ihrer eigenen Perspektive und die Synthese der unabhängig erarbeiteten Ergebnisse erfolgt dabei additiv. Multidisziplinarität beschreibt damit ein disziplinäres Nebeneinander auf demselben Themengebiet ohne eine strukturierte Zusammenarbeit (Jooß, Welter, Leisten, Richert & Jeschke, 2014). Es erfolgt jedoch eine Perspektiverweiterung der eigenen Arbeit durch die Kenntnisnahme der anderen Perspektiven (Jungert, 2013). Die *Cross-Disziplinarität* stellt einen höheren Integrationsgrad als die Multidisziplinarität dar, da sie disziplinfremde Ergebnisse und Methoden in den eigenen Bereich übernimmt. Die eigentlichen Disziplinen bleiben zwar erhalten, Ansätze und Erkenntnisse anderer Disziplinen werden jedoch für die eigene genutzt (Jungert, 2013). *Interdisziplinarität* demgegenüber betont die Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen, also, dass sich ein Problem nicht von einer Disziplin alleine lösen lässt, sondern nur in enger Kooperation verschiedener Disziplinen (Balsinger, 2005, S. 173). Die Interdisziplinarität befasst sich folglich mit der Integration und Kombination von Methoden unterschiedlicher Disziplinen, um Ergebnisse zu erzielen, welche die Summe der disziplinären Resultate übertreffen (Jooß et al., 2014).

Im Rahmen der Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen kann es zu einer Vielzahl von Barrieren kommen, die sich z.B. aus unterschiedlichen Fachsprachen oder Theorien und Modellen ergeben. ALBERS, EBEL UND ALINK (2011a) zeigen auf Basis von Expertenworkshops Erfolgsfaktoren und Barrieren auf, welche die disziplinübergreifende Zusammenarbeit unterstützen (vgl. Abbildung 2-39).

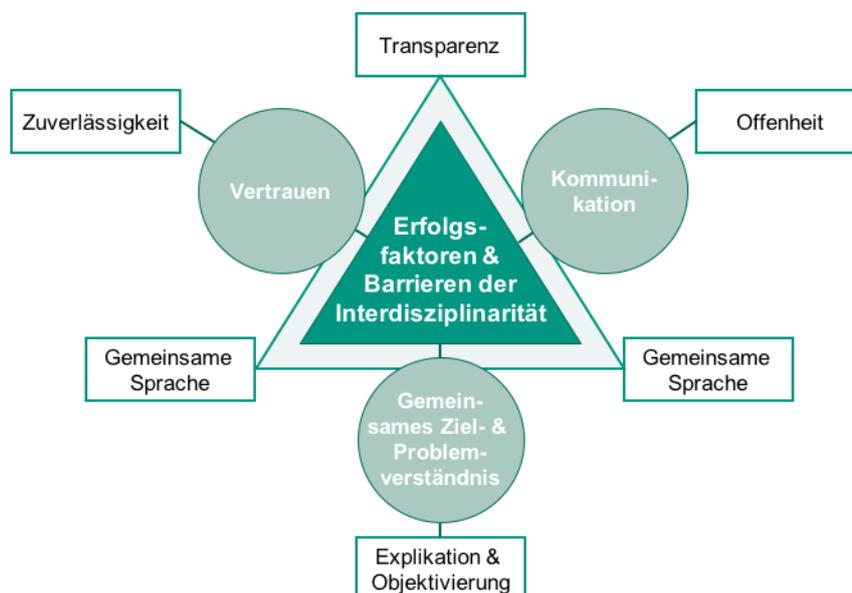


Abbildung 2-39: Erfolgsfaktoren der Interdisziplinarität nach ALBERS ET AL. (2011a)

Besonders relevante Aspekte werden dabei in Kreisen dargestellt. Die Anordnung der Aspekte zueinander soll die entsprechenden Wechselwirkungen widerspiegeln. Aspekte, die sich besonders nah sind, beeinflussen sich am stärksten. Drei übergeordnete Kategorien von Aspekten begünstigen ein disziplinübergreifendes Systemverständnis der Akteure und damit die Aspekte in der Abbildung maßgeblich: Die Unternehmenskultur und organisatorische Rahmenbedingungen, Persönliche Eigenschaften und Fähigkeiten sowie eine methodische Unterstützung (Albers et al., 2011a; Ebel, 2015, S. 94f.).

### **2.4.3.2 Funktionsbereichsübergreifende Zusammenarbeit**

Unternehmen nutzen das Prinzip der Arbeitsteilung, um Aufgaben zu separieren und ihre Abarbeitung zu optimieren und um Spezialisierungsvorteile zu erzielen (z.B. Staehle, Conrad & Sydow, 1999, S. 676). Die daraus resultierenden spezialisierten organisatorischen Einheiten werden in diesem Kontext als Funktionsbereiche bezeichnet (Lühring, 2007; Brockhoff, 1989, S. 1). Klassische Funktionsbereiche<sup>25</sup> eines produzierenden Unternehmens sind der Einkauf, die Produktion, das Marketing und der Vertrieb oder die Forschung und Entwicklung (F&E) (Brockhoff, 1989, S. 1). Da ein Funktionsbereich mit der Erfüllung einer Teilaufgabe im Unternehmen betraut ist, entstehen zwischen den einzelnen Funktionsbereichen organisatorische Grenzen (Salomo, Gemünden & Billing, 2007).

An den Schnittstellen zwischen Funktionsbereichen entsteht aufgrund der Interdependenzen ein Integrationsaufwand (Salomo, Gemünden & Billing, 2007). Für die Art der Integration unterschiedlicher Funktionsbereiche finden sich in der Literatur unterschiedliche Begriffe, wie z.B. multifunktional, cross-funktional, interfunktional und funktionsbereichsübergreifend (Holtorf, 2010, S. 53; Gessner, 2001, S. 10; Salomo, et al., 2007; Meboldt, 2008, S. 32). Eine klare Trennung der Begriffe liegt jedoch nicht vor. Im Kontext dieser Arbeit ist der Begriff der *Cross-Funktionalität* bzw. der *cross-funktionalen Zusammenarbeit* von besonderem Interesse: Er beschreibt, dass Mitarbeiter zunächst funktionsbereichsintern und unter Zuhilfenahme funktionsbereichsspezifischer Methoden und Begrifflichkeiten Ziele erstellen, die anschließend additiv zusammengetragen werden. Beim Zusammentragen müssen diese Ziele dann aufeinander abgestimmt werden.

Die oftmals synonyme Verwendung der Begriffskomplexe interdisziplinär und fachbereichsübergreifend (Pahl et al., 2007, S. 205ff.) spricht zwar für einen engen Zusammenhang, lässt sich jedoch präzisieren. Abbildung 2-40 stellt die Abgrenzung der Begriffe dar.

---

<sup>25</sup> im Kontext dieser Arbeit soll mit dem Begriff Funktionsbereich der organisationale Funktionsbereich gemeint sein, wenn nicht anders gekennzeichnet. In der Praxis ist hierfür auch der Begriff Fachbereich üblich.

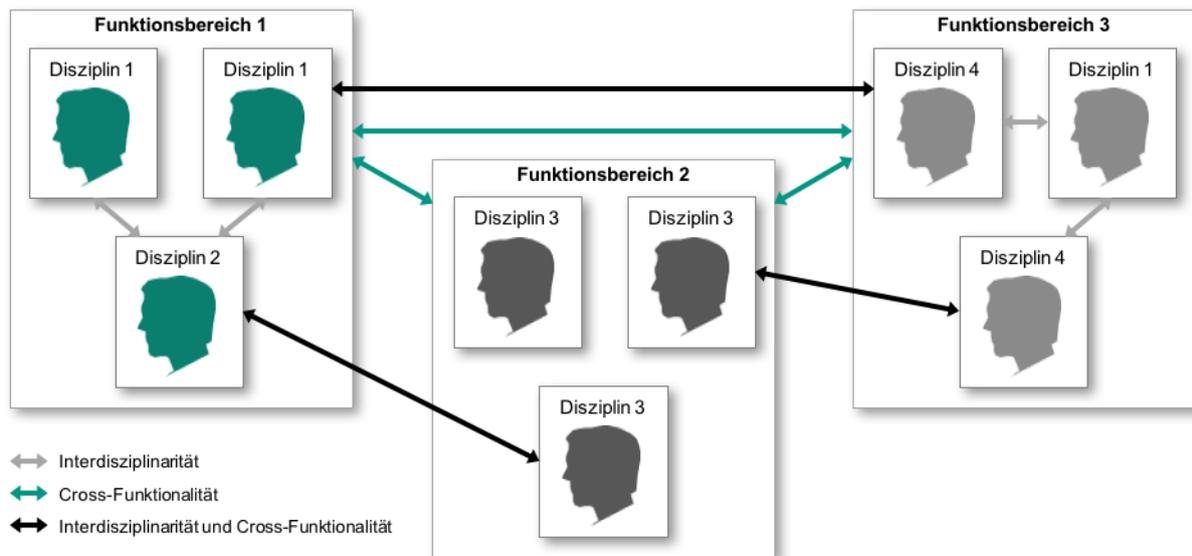


Abbildung 2-40: Zusammenfassung: Interdisziplinäre und cross-funktionale Zusammenarbeit

Die Abbildung verdeutlicht, dass sich innerhalb eines Funktionsbereichs die Mitarbeiter bestimmter Disziplinen konzentrieren. Dies liegt insbesondere in den damit verbundenen Anforderungen an die Ausbildung begründet. Dennoch kommt es auch innerhalb eines Funktionsbereichs zu interdisziplinärer Zusammenarbeit. Zwischen zwei Funktionsbereichen kommt es zu einer cross-funktionalen Zusammenarbeit. Da diese sich häufig auch in den Disziplinen unterscheidet, kann von einer interdisziplinären und cross-funktionalen Zusammenarbeit gesprochen werden.

#### 2.4.4 Zwischenfazit

Das Zielsystem bildet die Grundlage für die Entwicklung des richtigen Produktes. Vor allem in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung werden grundlegende Ziele definiert. Die Rahmenbedingungen zu diesem Zeitpunkt bedürfen besonderer methodischer Unterstützung. Neben dem Umgang mit Unsicherheit müssen auch organisationale und prozessuale Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Die Frühe Phase der PGE präzisiert die zeitliche und inhaltliche Verortung des häufig unpräzisen Begriffs „Frühe Phase“ und ermöglicht damit eine gezielte methodische Unterstützung der Zielsystembildung in Produktentstehungsprozessen. Hierzu ist es notwendig, Aufgaben und Aktivitäten weiter zu detaillieren. Insbesondere der Begriff der initialen Zielsystembildung bedarf weiterer Konkretisierung und bietet gleichzeitig großes Potenzial zur Steigerung der Effizienz und Effektivität von Produktentstehungsprozessen. Die PGE ist ein Modell, welches die Entwicklung von Produkten ganzheitlich beschreibt. Daher müssen auch in der Frühen Phase der PGE Ziele systemisch verstanden und beschrieben werden. Nicht nur die direkten Produktziele und damit verbundenen Anforderungen haben maßgebliche Auswirkungen auf den späteren Erfolg eines Produktes und können Anforderungen an

Gestalt und Prinzip der technischen Lösung stellen. Auch Randbedingungen müssen integriert und kontinuierlich validiert werden. Zielsysteme entstehen interdisziplinär und cross-funktional in verteilten Funktionsbereichen der Organisation. Gerade die unterschiedlichen Sichten auf das Zielsystem erhöhen dessen Qualität – ihre Integration muss jedoch zwingend methodisch unterstützt werden, um sowohl den komplexen inhaltlichen als auch den organisationalen Anforderungen gerecht werden zu können und damit verbundene Wissensinseln und Kommunikationsbarrieren abzubauen.

## **3 Zielsetzung und Forschungsfragen**

### **3.1 Forschungslücke und Zielsetzung**

Die Entwicklung von Automobilen ist aktuell von Umbrüchen geprägt: Branchentrends, individuellen Kundenbedürfnissen und steigendem Wettbewerb müssen mit neuen Technologien begegnet werden. Aufgrund der daraus resultierenden Unsicherheit in der Produktdefinition ist die Angst vor Fehlentscheidungen groß. Der Bedarf einer methodischen Unterstützung der Aktivitäten in der „Frühen Phase“ automobiler Entwicklungsprozesse, insbesondere der Zielsystembildung, steigt daher deutlich. Entscheidungen, die in dieser Phase getroffen werden, haben nachhaltigen Einfluss auf die Kosten in der Entwicklung und den gesamten Produktlebenszyklus. Gleichzeitig beschreibt das Paradoxon der Produktentwicklung, dass in der „Frühen Phase“ das Produkt hinsichtlich Gestalt, Prinzip und Funktion stark beeinflusst werden kann, die Auswirkungen der Entscheidungen jedoch sehr unsicherheitsbehaftet sind. Aus diesem Grund kommt der methodischen Unterstützung der Entwicklung des initialen Zielsystems besondere Bedeutung zu.

Der Stand der Forschung zeigt, dass insbesondere für die Entwicklung komplexer mechatronischer Produkte ein systemisches Verständnis der Produktziele unverzichtbar ist. Auch bei der Zielbildung in Automobilentwicklungsprojekten muss das modellhafte und systemische Produktverständnis gestärkt werden. Unterschiedliche Abstraktionsgrade der Produktmodellierung adressieren die verschiedenen Sichten auf das Produkt – kundenerlebbare Produkteigenschaften beschreiben die Erlebnisebene des Kunden bzw. Anwenders, Bauteile und Funktionen demgegenüber den Lösungsraum der Entwicklung. Die Abstraktionsebene des Kunden- und Anwendernutzens bietet insbesondere in der „Frühen Phase“ Potenziale für ein Verständnis zukünftiger Produktziele, muss jedoch modellhaft abgebildet werden. Der Stand der Forschung zeigt außerdem auf, dass neben dem inhaltlichen Verständnis des Zielsystems auch organisatorische und prozessuale Rahmenbedingungen berücksichtigt werden müssen. Insbesondere die bereichsübergreifende Zusammenarbeit stellt in diesem Zusammenhang einen kritischen Erfolgsfaktor dar.

Das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung stellt einen Beschreibungsrahmen zur Verfügung, welcher die gezielte Identifikation von Innovationspotenzialen bei gleichzeitiger Entwicklungseffizienz fokussiert. Auch das Verständnis der „Frühen Phase“ wird in diesem Modell geschärft und ermöglicht die Abbildung realer Entwicklungssituationen. Aus dem Stand der Forschung ergibt sich jedoch noch ein Potenzial, Ansätze zur Unterstützung der Zielsystembildung in der

Frühen Phase der PGE zu konkretisieren und operativ nutzbar zu machen. Insbesondere das Referenzsystem für eine neue Produktgeneration und die damit verbundene Nutzung von Referenzprodukten zeigen Potenziale für eine praxisnahe Beschreibung der notwendigen Produktmodelle in der Frühen Phase der PGE auf. Sie ermöglichen es, einen frühzeitigen Bezug zwischen der technischen Realisierung und der lösungsoffenen Zielsystembildung herzustellen und fördern damit eine realitätsnahe Erklärung von Entwicklungssituationen. Systematische Vorgaben in Form von Referenzproduktmodellen zur konkreten Modellierung fehlen jedoch weitgehend. Auch die methodische Unterstützung der initialen Zielsystembildung ist noch nicht umfassend beschrieben.

Im Stand der Forschung sind außerdem eine Vielzahl an Prozessmodellen, die den Entwicklungsprozess strukturieren und methodisch unterstützen, analysiert worden. Dabei lassen sich verschiedene Schwerpunkte erkennen: Die Spannbreite reicht von managementorientierten, sequenziellen Prozessmodellen, die eine Reifegrad- und Fortschrittskontrolle fokussieren, bis hin zu ganzheitlichen, integrierten Prozessmodellen, welche einen hohen Abstraktionsgrad in Form von Meta-Modellen abbilden – die initiale Zielsystembildung wird in diesen oftmals nur fragmentiert oder indirekt adressiert. So bildet das iPeM – integrierte Produktentstehungsmodell mit der Aktivität der Produktentstehung „Profile finden“ wesentliche Elemente für ein frühzeitiges, systemisches Zielsystemverständnis ab, lässt aber die praktische Umsetzung in realen Entwicklungsprojekten weitgehend offen. Das V-Modell aus der VDI Richtlinie 2206 adressiert die Notwendigkeit eines domänenübergreifenden Systementwurfs, liefert aber keine konkrete methodische Unterstützung.

Für eine praxisnahe und anwendungsorientierte Unterstützung soll die aus dem Stand der Forschung identifizierte Forschungslücke mit der Vorgehensweise und den Methoden der automobilen Praxis abgeglichen werden. Zusammenfassend ergibt sich damit folgendes Ziel für die Forschungsarbeit:

### **Zielsetzung**

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, auf Basis bestehender Modelle und Methoden aus der Praxis und der Anwendung des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung, den Zielbildungsprozess in der „Frühen Phase“ der Automobilentwicklung zu unterstützen. Hierbei sollen ein Referenzproduktmodell des Kundennutzens zur Strukturierung der Elemente des initialen Zielsystems, ein Referenzprozess zur Strukturierung der notwendigen Aktivitäten der initialen Zielsystembildung in der automobilen Praxis sowie konkrete Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung dieser Aktivitäten entwickelt werden.

### 3.2 Forschungshypothesen und Forschungsfragen

Das Forschungsziel lässt sich dabei durch Forschungshypothesen einschränken. Sie bilden den Untersuchungsrahmen. Die Forschungshypothesen wiederum lassen sich durch Forschungsfragen konkretisieren. Die erste Hypothese stellt den Bezug zum Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung her.

#### **Forschungshypothese 1**

Der Zielbildungsprozess in der Automobilentwicklung wird durch das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung (insbesondere durch die Frühe Phase der PGE) beschrieben.

Auf dieser Grundlage soll die Ableitung konkreter methodischer Unterstützung erfolgen. Hierfür ist eine vertiefende Analyse der „Frühen Phase“ der Automobilentwicklung notwendig, um deren Beschreibung im Modell der PGE zu ermöglichen. Die hieraus resultierenden Forschungsfragen lauten wie folgt:

#### **Forschungsfragen zu Forschungshypothese 1**

- FF1.1** Welche Besonderheiten charakterisieren die „Frühe Phase“ in der Automobilentwicklung in Bezug auf das Modell der PGE?
- FF1.2** Wie findet Zielsystembildung in der „Frühen Phase“ der Automobilentwicklung im Modell der PGE statt?
- FF1.3** Welche Referenzprodukte sind im Rahmen der initialen Zielsystembildung verfügbar und wie werden ihre Informationen genutzt?
- FF1.4** Welche Methoden und Werkzeuge ermöglichen die Unterstützung der automobilen Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE?

Die zweite Forschungshypothese beschreibt die Notwendigkeit einer disziplin- und domänenübergreifenden Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE.

#### **Forschungshypothese 2**

Die frühzeitige Berücksichtigung der relevanten organisationalen Funktionsbereiche (Fachbereiche) erhöht die Akzeptanz für das initiale Zielsystem.

Bereits der Stand der Forschung hat die Notwendigkeit der Unterstützung eines cross-funktionalen und interdisziplinären Zielsystemverständnisses aufgezeigt. Dies muss für den Anwendungsfall der automobilen Zielbildung vertieft und im Modell der PGE abgebildet werden. Anforderungen, die hieraus resultieren, umfassen das Verständnis der hierfür notwendigen Informationen und ihrer Quellen sowie Potenziale für eine methodische Unterstützung. Die Forschungsfragen lauten wie folgt:

### **Forschungsfragen zur Forschungshypothese 2**

- FF2.1** Welche Informationen werden durch welche organisationalen Funktionsbereiche in der initialen Zielsystembildung der Automobilentwicklung bereitgestellt?
- FF2.2** Wie unterscheiden sich diese Informationen?
- FF2.3** Wie lassen sich diese Informationen im Modell der PGE modellieren?
- FF2.4** Wie kann die Berücksichtigung der Ziele unterschiedlicher organisationaler Funktionsbereiche in der initialen Zielsystembildung auf Basis des Modells der PGE methodisch unterstützt werden?

Die dritte Hypothese adressiert eine stärkere Orientierung am Kundennutzen in der Frühen Phase der PGE des Fahrzeugentwicklungsprozesses.

### **Forschungshypothese 3**

Die frühzeitige, stärkere Kundenorientierung in der Zielsystembildung erhöht die Qualität des Zielbildungsprozesses und des Zielsystems.

Für die Erarbeitung einer praxisnahen, anwendungsorientierten Unterstützung sollen hierzu etablierte Prozesse, Modelle und Methoden in der Automobilentwicklung als Grundlage genutzt und durch die Erkenntnisse aus dem Stand der Forschung ergänzt und erweitert werden. Die Konkretisierung dieser Aufgabe erfolgt anhand der folgenden Forschungsfragen:

### **Forschungsfragen zur Forschungshypothese 3**

- FF3.1** Welche etablierten Methoden zur Kundenorientierung existieren bereits in der Praxis der Automobilentwicklung?
- FF3.2** Wie kann die Kundenorientierung im initialen Zielbildungsprozess im Modell der PGE abgebildet werden?
- FF3.3** Wie lässt sich darauf aufbauend die Kundenorientierung in der initialen Zielsystembildung methodisch unterstützen?

## 4 Vorgehensweise

### 4.1 Forschungsmethode

Für die Beantwortung der Forschungsfragen aus Abschnitt 3.2 wird sich an der von BLESSING UND CHAKRABARTI (2009) beschriebenen Vorgehensweise *DRM – Design Research Methodology* orientiert, welche die Entwicklung von Forschungsarbeiten im Kontext der Produktentwicklung strukturiert. BLESSING UND CHAKRABARTI beschreiben in ihrem Vorgehen vier generische Phasen (Blessing & Chakrabarti, 2009, S. 14ff.; Marxen & Albers 2012):

- Die *Klärung des Forschungsgegenstands* dient der grundlegenden Einordnung und Abgrenzung des Forschungsthemas. Hierzu wird der Stand der Forschung untersucht und eine Zielsetzung abgeleitet.
- In der *Deskriptiven Studie I* soll ein tieferes Verständnis der vorliegenden Situation durch Analysen erreicht werden. Zur Ermittlung empirischer Daten sollen entweder bestehende Untersuchungen herangezogen oder eigene durchgeführt werden.
- Auf Basis der zuvor gewonnenen Erkenntnisse wird in der *Präskriptiven Studie* die Entwicklung einer konkreten Unterstützung für die Produktentwicklung erarbeitet.
- In der *Deskriptiven Studie II* wird abschließend die entwickelte Unterstützung evaluiert.

Der Umfang und das Vorgehen innerhalb der einzelnen Phasen kann dabei variieren. Grundsätzlich sind drei verschiedene Arten von Studien denkbar: *Literatur-basierte Studien*, *umfassende Studien*, welche Literatur-basierte Studien durch neue empirische Daten ergänzen, sowie *initiale Studien*, welche insbesondere zum Abschluss eines Forschungsprojektes auf Basis ermittelter Konsequenzen zukünftige Handlungsbedarfe aufzeigen (Blessing & Chakrabarti, 2009, S. 18).

Auf Basis der vorgestellten Phasen sowie den beschriebenen Forschungsumfängen lassen sich spezifische Forschungsprojekttypen ableiten, welche in Abbildung 4-1 gegenübergestellt sind.

Projekttyp	Klärung des Forschungsgegenstandes	Deskriptive Studie I	Präskriptive Studie I	Deskriptive Studie II
1	Literatur-basiert →	umfassend		
2	Literatur-basiert →	umfassend →	initial	
3	Literatur-basiert →	Literatur-basiert →	umfassend →	initial
4	Literatur-basiert →	Literatur-basiert →	Literatur-basiert → initial/umfassend	umfassend ←
5	Literatur-basiert →	umfassend →	umfassend →	initial
6	Literatur-basiert →	Literatur-basiert →	umfassend →	umfassend
7	Literatur-basiert →	umfassend →	umfassend →	umfassend

Abbildung 4-1: Projekttypen im DRM-Modell nach BLESSING & CHAKRABARTI (2009, S. 18)

Die vorliegende Forschungsarbeit entspricht dabei am besten dem Typ 5, in welchem ein sowohl literaturbasiertes als auch auf praktischen Erkenntnissen basierendes Vorgehen betont wird. Die Klärung des Forschungsgegenstandes erfolgt auf Basis des Standes der Forschung in der Literatur. Um ein eingehendes Verständnis, insbesondere für Zielsysteme im Kontext der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung als Modell für die Automobilentwicklung zu gewinnen, werden umfassende Studien durchgeführt. Hierbei wird zum einen auf bereits erhobene Erkenntnisse und Daten aus der Literatur zurückgegriffen und zum anderen werden eigene Erkenntnisse durch Studien in der Praxis automobiler Entwicklungsprojekte erhoben. Die Präskriptive Studie I, in welcher die unterstützende Methodik für die Zielsystembildung entwickelt wird, basiert sowohl auf theoretischen, literaturbasierten Elementen der KaSPro – Karlsruher Schule der Produktentwicklung als auch auf praxisnahen Ansätzen aus automobilen Entwicklungsprojekten. In der Deskriptiven Studie II werden die Ansätze erprobt und daraus weitere Handlungsfelder abgeleitet.

## 4.2 Forschungsumgebung: Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

Die Forschungsarbeit ist in Kooperation mit dem Entwicklungsressort der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG entstanden. Die Porsche AG diente dabei als Untersuchungsumgebung für die Erhebung empirischer Daten, einerseits für das tiefere Verständnis des Zielbildungsprozesses in der Automobilentwicklung in der Deskriptiven Studie I und andererseits für die Evaluierung der entwickelten Prozesse, Modelle, Methoden und Werkzeuge. Zur Einordnung und Bewertung der

Übertragbarkeit der erarbeiteten Ergebnisse wird ein kurzer Überblick über das Unternehmen und im Folgenden über die spezifische Untersuchungsumgebung im Innovations- und Vorentwicklungsmanagement der Porsche AG gegeben.

### **Kurzvorstellung der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG**

Die Porsche AG ist ein deutscher Automobilhersteller, der 1931 von Ferdinand Porsche in Stuttgart gegründet wurde. Das Unternehmen ist seit 2012 in den Volkswagen-Konzern integriert und agiert dabei mit eigener Identität und operativer Eigenständigkeit. Das Stammwerk der Porsche AG mit Geschäftsführung, Vertrieb und Marketing sowie einem Teil der Produktion befindet sich in Zuffenhausen, ein weiteres Produktionswerk ist in Leipzig und das Entwicklungszentrum in Weissach. Dort sind alle Ressourcen für Entwicklung, Simulation, Prototypen-Bau und Versuch gebündelt. 2018 arbeiteten ca. 32.000 Mitarbeiter bei der Porsche AG, davon ca. 5.000 im Entwicklungszentrum in Weissach. Zum Produktportfolio der Porsche AG zählen exklusive Sportwagen sowie sportliche Limousinen und SUV<sup>26</sup>. Die Produkte befinden sich im Vergleich zum Wettbewerb im Premium-Segment. Mit insgesamt ca. 256.000 verkauften Fahrzeugen im Jahr 2018 erwirtschaftete die Porsche AG ca. 25,8 Mrd. € Umsatz und 4,3 Mrd. € Gewinn.<sup>27</sup>

### **Kurzvorstellung der Abteilung Innovations- und Vorentwicklungsmanagement**

Die Abteilung „Innovations- und Vorentwicklungsmanagement“ ist Bestandteil der Hauptabteilung „Vorentwicklung und Strategie“ im Entwicklungsressort der Porsche AG und befindet sich im Entwicklungszentrum Weissach. Prozessual verantwortet die Abteilung hauptsächlich Aktivitäten in der „Frühen Phase“ des Fahrzeugentwicklungsprozesses. Inhaltliche Schwerpunkte bilden dabei koordinative Aufgaben des übergeordneten Innovationsmanagements für das Entwicklungsressort, das Vorentwicklungsmanagement sowie die Wettbewerbsanalyse. Außerdem ist das Sachgebiet „Eigenschaften“ in der Abteilung verortet, welches die Arbeitsumgebung dieser Forschungsarbeit bildet. Das Sachgebiet befasst sich im Schwerpunkt mit der Eigenschaftsdefinition für zukünftige Produktgenerationen von Automobilen. Es bildet dabei eine Schnittstelle zwischen den verschiedenen Hauptabteilungen innerhalb des Entwicklungsressorts sowie weiteren Ressorts – hauptsächlich Vertrieb, Produktmanagement und Projektleitung sowie der Unternehmensqualität. Hauptaufgabe der Eigenschaftsdefinition ist eine kundenorientierte Anforderungsdefinition auf Ebene des Gesamtfahrzeugs in der „Frühen Phase“ von

---

<sup>26</sup> Sport Utility Vehicle

<sup>27</sup> Geschäftsbericht Porsche 2018 ([www.newsroom.porsche.com/de](http://www.newsroom.porsche.com/de))

Fahrzeugentwicklungsprojekten sowie die Validierung von Entwicklungsaktivitäten anhand dieser Anforderungen.

### 4.3 Vorgehensweise und Forschungsdesign

Abbildung 4-2 fasst das Vorgehen der Forschungsarbeit zusammen. Hierbei werden die Inhalte der Kapitel dieser Arbeit den Phasen der Design Research Methodology zugeordnet sowie die wesentlichen Ziele aufgezeigt. Außerdem werden die verwendeten Methoden in den jeweiligen Studien benannt.

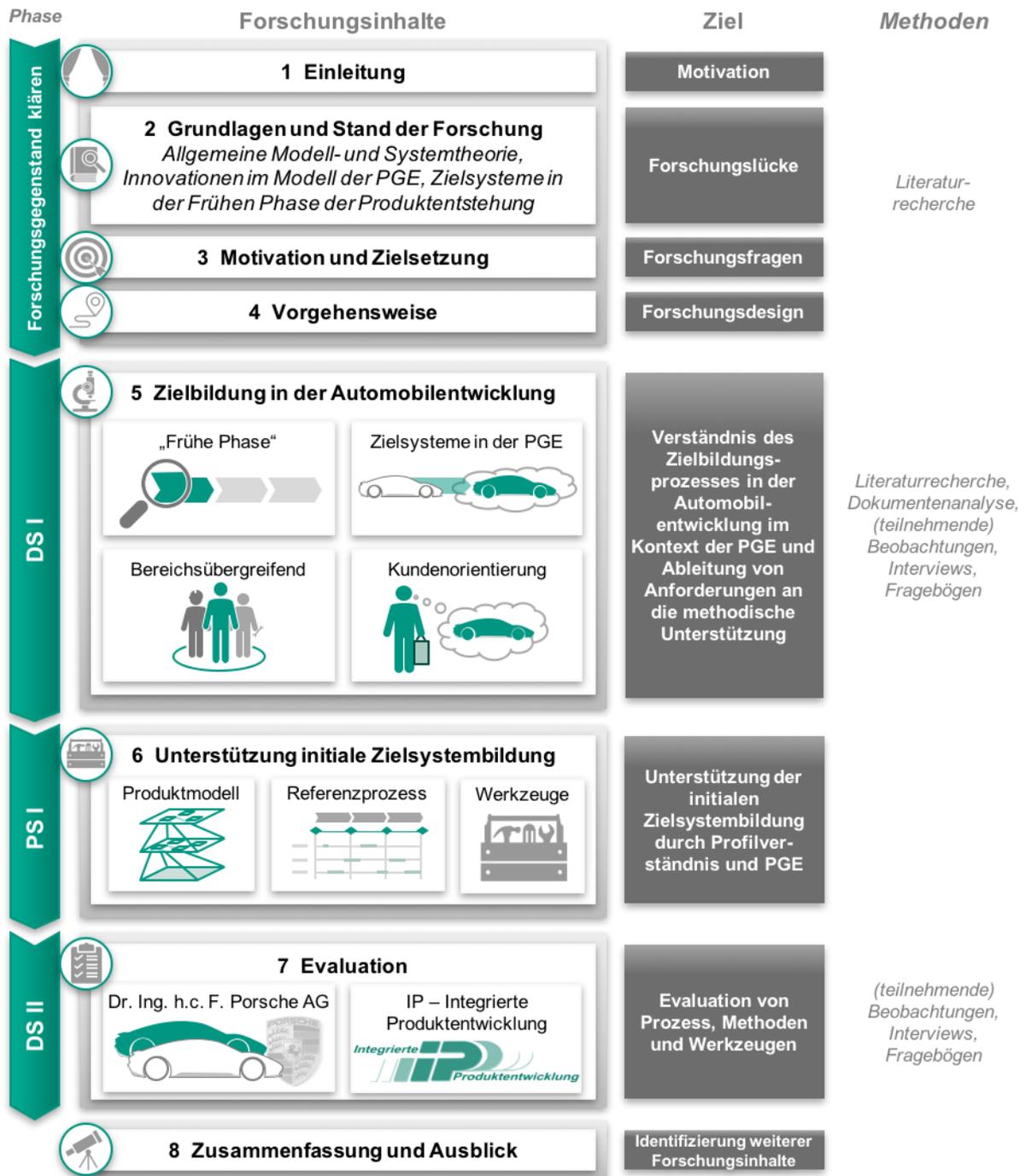


Abbildung 4-2: Forschungsdesign der Arbeit

Der Stand der Forschung dient der Klärung des Forschungsgegenstandes und der Forschungslücke. Darauf aufbauend wurde in Kapitel 3 bereits das übergeordnete Forschungsziel und die daraus abgeleiteten Forschungsfragen vorgestellt. Der Stand der Forschung bildet gleichzeitig die Grundlage für die umfassende Deskriptive Studie I. Die Literaturrecherche wird in Kapitel 5 vertieft, um spezifische Erkenntnisse für den Forschungsgegenstand der automobilen Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung zu generieren. Außerdem wird die Deskriptive Studie I um empirische Erhebungen aus der Untersuchungsumgebung der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG ergänzt. Hierbei kommen je nach spezifischer Fragestellung unterschiedliche Methoden zum Einsatz. AHMED (2007) gibt mit seiner Forschungsmethoden-Matrix eine Übersicht möglicher Methoden (vgl. Tabelle 4-1). Er strukturiert die Eignung dabei nach den Kriterien Prozess, Umgebung, Produkt, Dokumentation und Beteiligte.

Tabelle 4-1: Forschungsmethoden zur Erfassung der Entwicklungspraxis nach AHMEND (2007)

Forschungsmethode	Prozesse	Umgebung	Produkt	Dokumentation	Beteiligte
Dokumentenanalyse	X		X	X	
Interviews	X		X		X
Beobachtung	X	X	X		X
Teilnehmende Beobachtung	X	X			X

Insbesondere die Beobachtung und teilnehmende Beobachtung nehmen eine zentrale Stellung im Rahmen der Deskriptiven Studie I ein, um ein tieferes Verständnis für den Ablauf und die Organisation realer Entwicklungsprojekte in der automobilen Praxis zu generieren. Für Langzeitprojekte eignen sich beobachtende Studien besonders. Ein zentraler Vorteil ist die direkte Datensammlung, da der Beobachter Teil der Datenquelle ist (Marxen, 2014, S. 84ff.). Die Dokumentenanalyse ist bei der Analyse bestehender Prozesse von großer Relevanz. Insbesondere der Abgleich von Prozessvorlagen und realen Prozessen kann anhand bestehender Dokumente, wie beispielweise Meilensteinplänen oder Projektdokumentationen, nachvollzogen werden (Marxen, 2014, S. 93f.). Für detaillierte und vor allem implizit vorliegende Informationen wurden teilweise auch vertiefende Interviews als Methode genutzt. Grundsätzlich lassen sich Interviewtechniken nach der Art der Kommunikation (schriftlich, verbal) und der Strukturiertheit unterscheiden (kaum strukturiert, semi-strukturiert, strukturiert) (Marxen, 2014, S. 101ff.). Im Rahmen der Deskriptiven Studie I wurden semi-strukturierte Interviews durchgeführt. Außerdem wurden gezielt

Fragebögen eingesetzt, um quantitativ zugängliche Daten zu erheben. Der Zugang zu größeren Auswahlgruppen und die direkte Datenerfassung sind Vorteile dieser Forschungsmethode (Marxen, 2014, S. 105ff.). Eine Variante des Fragebogens wurde im Rahmen eines Expertenforums zum Systems Engineering angewendet. Basierend auf einer interaktiven Live-Abstimmung wurden dabei direkt im Anschluss die Ergebnisse im Forum diskutiert.

Die Evaluation der Forschungsergebnisse in Kapitel 7 erfolgte ebenfalls größtenteils auf Basis (teilnehmender) Beobachtungen bei der Porsche AG. Außerdem wurden Bestandteile des Vorgehens sowie der Werkzeuge im Rahmen eines Live-Labs (Walter, Albers, Haupt & Bursac, 2016) am IPEK – Institut für Produktentwicklung evaluiert. Die Kernidee des Live-Labs ist es dabei, für einen begrenzten Zeitraum das Modell eines Business-Ökosystems zu schaffen. Im Rahmen dieses studentischen Entwicklungsprojekts konnten gezielt einzelne Methoden und Fragestellungen untersucht werden. Die Evaluation erfolgte sowohl durch Beobachtungen der Entwicklungstätigkeiten der Studierenden als auch auf Basis von Interviews und einer Fragebogenstudie. Da mehr Probanden als in einer Feldstudie zur Verfügung stehen, können Methoden und Prozesse differenzierter untersucht werden. Hierdurch wird die interne Validität der Ergebnisse verbessert. Eine hohe externe Validität wird gleichzeitig sichergestellt, da die Randbedingungen eine große Ähnlichkeit zu den Randbedingungen in Unternehmen aufweisen (Albers, Walter, Wilmsen & Bursac, 2018e).

## 5 Verständnis der Zielsystembildung in der Automobilentwicklung

In diesem Kapitel wird das Verständnis der Zielsystembildung in der Automobilentwicklung vertieft, um Anforderungen für die Entwicklung der methodischen Unterstützung in Kapitel 1 abzuleiten. Dafür wird das Verständnis der „Frühen Phase“ in der Automobilentwicklung sowie der initialen Zielsystembildung in das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung überführt. Außerdem werden die organisationalen Besonderheiten und Charakteristika der Frühen Phase der PGE automobilspezifisch diskutiert. Im zweiten Teil der Deskriptiven Studie I wird der automobilen Zielbildungsprozess detailliert vorgestellt und im Kontext des Modells der PGE diskutiert sowie Besonderheiten des Zielsystemaufbaus und der -inhalte erläutert. Anschließend wird der Aspekt der bereichsübergreifenden Zusammenarbeit bei der Zielsystembildung analysiert. Abschließend wird eine frühzeitige Kundenorientierung im Rahmen der automobilen Zielbildung diskutiert und Ansätze aus der Praxis vorgestellt und in das Modell der PGE überführt. Für die Analysen wurden unterschiedliche Forschungsmethoden angewendet. Sowohl vertiefende Literaturrecherchen wurden durchgeführt um den Stand der Technik in der Automobilentwicklung zu vertiefen, als auch gezielt eigene empirische Erhebungen in der Untersuchungsumgebung bei der Porsche AG erhoben (vgl. Tabelle 5-1).

Tabelle 5-1: Übersicht der verwendeten Forschungsmethoden in der Deskriptiven Studie I

Gliederung		Forschungsmethoden	
		Vertiefende Literatur-Recherche	empirische Erhebungen
5	Verständnis der Zielsystembildung in der Automobilentwicklung		
5.1	Die „Frühe Phase“ in der Automobilentwicklung	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Teilnehmende) Beobachtung</li> <li>▪ Interviews (N = 6)</li> <li>▪ Dokumentenanalyse</li> </ul>
5.2	Zielsystembildung im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Teilnehmende) Beobachtung</li> <li>▪ Dokumentenanalyse</li> </ul>
5.3	Funktionsbereichsübergreifende Zielsystembildung		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Teilnehmende) Beobachtung</li> <li>▪ Interviews (N = 6)</li> <li>▪ Interviews (N = 15)</li> </ul>
5.4	Kundenorientierung in der Zielsystembildung	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Teilnehmende) Beobachtung</li> <li>▪ Fragebogen (N = 15)</li> <li>▪ Expertenforum (N = 31)</li> </ul>

Ergebnisse, die hauptsächlich auf Basis literaturbasierter Recherchen, also bestehenden Daten, erarbeitet wurden, sind dabei in einem grünen Farbschema illustriert. Demgegenüber sind Ergebnisse, welche auf Basis eigener empirischer Erhebungen erarbeitet wurden, in einem blauen Farbschema dargestellt.

### **5.1 Die „Frühe Phase“ in der Automobilentwicklung**

Im ersten Teil der deskriptiven Studie wird ein Verständnis für die Frühe Phase im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung im Kontext der Automobilentwicklung geschaffen. Der Begriff der Zielsystembildung wird zeitlich verortet sowie die besonderen organisationalen Rahmenbedingungen vertieft. Neben den auf dem Stand der Forschung aufbauenden vertiefenden Literaturrecherchen wurden im Rahmen dieser Studie Prozessbeschreibungen und Dokumente aktueller sowie vergangener Entwicklungsprojekte bei der Porsche AG analysiert, welche durch teilnehmende Beobachtungen in der Projektarbeit ergänzt wurden.

#### **5.1.1 Die „Frühe Phase“ der Automobilentwicklung im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung**

Der automobiler Produktentwicklungsprozess ist umfassend literaturseitig beschrieben (vgl. z.B. Braess & Seiffert, 2013, S. 1134ff.; Schulz, 2014, S. 3ff.). Die grundsätzliche Struktur ähnelt sich bei verschiedenen Herstellern (Original Equipment Manufacturer – OEM) (Schulz, 2014, S. 3ff.). In den meisten Fällen wird hierbei von einem Stage-Gate Prozess ausgegangen. Dem Verständnis der OEMs folgend wird der strukturierte Prozess ab dem ersten Quality Gate als Produktentwicklungsprozess (PEP) bezeichnet und umfasst dabei in der Regel einen Zeitraum von ca. vier Jahren. Der PEP endet mit der Markteinführung (ME) und gliedert sich in unterschiedliche Phasen. Die Phasen werden durch Hauptmeilensteine abgegrenzt. Innerhalb der Phasen befinden sich häufig weitere Meilensteine zur Reifegradkontrolle (Rudert & Trumpfeller, 2015). Vor dem eigentlichen PEP befindet sich die Pre-PEP oder Vorentwicklungsphase. In dieser findet typischerweise der Anstoß für ein neues Fahrzeugprojekt statt. Erste Produktideen werden in dieser Phase konkretisiert und die Grobplanung des Projektmanagements wird initiiert. Außerdem werden in dieser Phase Vorentwicklungsprojekte durchgeführt. Mit dem ersten Quality Gate, der Projektinitiierung (auch als PM - „Produkt-Mission“ bezeichnet), startet die Produktdefinition, die eine Entwicklung und Konkretisierung des Grobkonzepts umfasst. In der sich anschließenden Konzeptentwicklung und -absicherung werden technische Konzepte konkretisiert und mittels Simulationen sowie erster Versuche abgesichert. Nachdem ein Konzept verabschiedet wurde (KE) wird im Rahmen des Design-Entscheids die grundsätzliche optische Erscheinung bestätigt und die Detailplanung im Lastenheft festgehalten (DE). Danach folgen Serienentwicklung, Serienvorbereitung und -hochlauf. In der Serienentwicklung werden insbesondere

Baustufen-Fahrzeuge aufgebaut sowie die Beschaffungs-Freigabe erteilt (BF). In der Serienvorbereitung wird sich schrittweise der Serienreife durch die Vorserien-Freigabe (VFF), die Produktions-Versuchs-Serie (PVS) und die Nullserie (OS) genähert. Mit dem Serienhochlauf startet die Herstellung verkaufsfähiger Fahrzeuge (Start of Produktion – SOP). Nach Abschluss des Serienhochlaufs erfolgt die Markteinführung (ME) und damit die Auslieferung der Fahrzeuge an Händler und Kunden, welche das formale Ende des Produktentwicklungsprozesses beschließt (Rudert & Trumppheller, 2015). Abbildung 5-1 zeigt beispielhaft die Phasen und Meilensteine des PEPs.

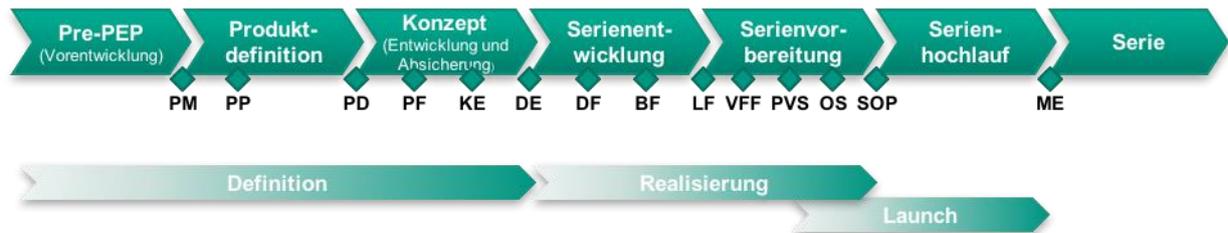


Abbildung 5-1: Der Produktentstehungsprozess (PEP) der Automobilindustrie nach RUDERT & TRUMPFHELLER (2015), FÖRG, KARRER-MÜLLER & KREIMEYER (2016) und HEIßING, ERSOY & GIES (2011, S.496)

Der Begriff „Frühe Phase“ findet im Kontext des PEPs keine einheitliche Verwendung. Es gibt das Verständnis, dass alle Aktivitäten vor der Serienentwicklung als „Frühe Phase“ bezeichnet werden, also insbesondere die Phasen der Produktdefinition und Konzeptentwicklung. Ein anderes Verständnis ist, dass die „Frühe Phase“ alle Aktivitäten vor dem eigentlichen Produktentwicklungsprozess und somit dem ersten Quality Gate umfasst. Dem Verständnis der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung folgend, endet diese mit einer bewerteten technischen Lösung.<sup>28</sup> Auf der Ebene des Gesamtfahrzeugs entspricht dies formal dem Meilenstein PF (Produkt Feasibility), in dem das Fahrzeugprojekt wirtschaftlich und technisch bewertet und der Zielkatalog verabschiedet wird. Dem Verständnis der PGE folgend scheint eine konkrete Verortung der „Frühen Phase“ im PEP jedoch nur bedingt zielführend: Auch bei einer geforderten, formalen Bewertung des Gesamtfahrzeugs zu einem bestimmten Meilenstein finden entsprechende Aktivitäten sowohl deutlich vor diesem Zeitpunkt, als auch deutlich danach statt. Von entscheidender Bedeutung ist dabei das systemische Verständnis des Produktentstehungsprozesses: Auf der Ebene von Baukästen werden bereits Validierungen und wirtschaftliche Bewertungen deutlich vor der Entwicklung der eigentlichen Produktgenerationen vorgenommen, um die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Baukastens sicherzustellen. Auf Ebene der Teilsysteme für eine bestimmte Produktgeneration können die formalen Kriterien für den Abschluss der Frühen Phase der PGE sowohl vor als auch nach dem Abschluss

<sup>28</sup> vgl. Abschnitt 2.4.1.2

der Frühen Phase für das Gesamtfahrzeug liegen. Dies hängt maßgeblich von dem spezifischen geforderten Reifegrad der Teilsysteme ab (vgl. Abbildung 5-2). Konzeptbestimmende Teilsysteme (z.B. der Antrieb) müssen bereits frühzeitig spezifiziert werden. Teilsysteme, welche nur geringen Einfluss auf das Fahrzeugkonzept haben (z.B. Softwareentwicklungen für Fahrzeugdienste), können später im Entwicklungsprozess spezifiziert werden.

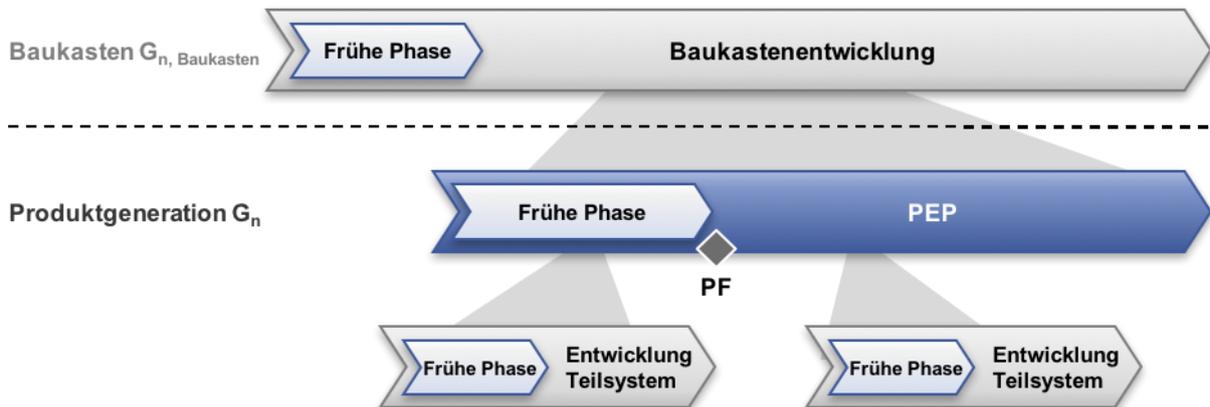


Abbildung 5-2: Die „Frühen Phase“ im Kontext der Automobilentwicklung im Modell der PGE nach ALBERS, HEITGER ET AL. (2018c)

Eine Hauptaufgabe in der Frühen Phase der PGE ist die Definition des initialen Zielsystems. Ausgehend von einer neuen Produktidee oder der Entwicklung einer neuen Produktgeneration einer bereits bestehenden Modellreihe<sup>29</sup> reift das initiale Zielsystem auf der Ebene des Gesamtfahrzeugs. Die Bewertung der initialen Ziele kann auf verschiedene Weise erfolgen und hängt stark vom spezifischen Projekt ab. Bei Projekten mit relativ geringem Neuentwicklungsanteil, wie z.B. der Entwicklung eines Facelifts, findet die Validierung der Produktgeneration mitunter ohne physische Prototypen statt, sofern die Bewertungsgrundlage auf Basis des Referenzproduktes ausreicht. Für Teilsystemvariationen mit hohem Neuentwicklungsanteil, z.B. durch die Einführung einer neuen Motorgeneration, sind technische Vorstudien oftmals in Verbindung mit Vorentwicklungsprojekten, welche teilweise mehrere Jahre andauern können, üblich. Bei der Einführung neuer Modellreihen werden teilweise komplette Konzeptfahrzeuge aufgebaut, um z.B. im Rahmen von Messevorstellungen die Marktakzeptanz zu analysieren (Albers, Heitger et al., 2016c). Abbildung 5-3 zeigt den Zusammenhang zwischen der Entwicklung einer Produktgeneration, der „Frühen Phase“ und der initialen Zielsystembildung im Modell der PGE exemplarisch.

<sup>29</sup> der Begriff „Modellreihe“ (kurz Modell) wird im Kontext dieser Arbeit synonym zur „Produktlinie“ genutzt. (z.B. die Modellreihe 911 von Porsche)

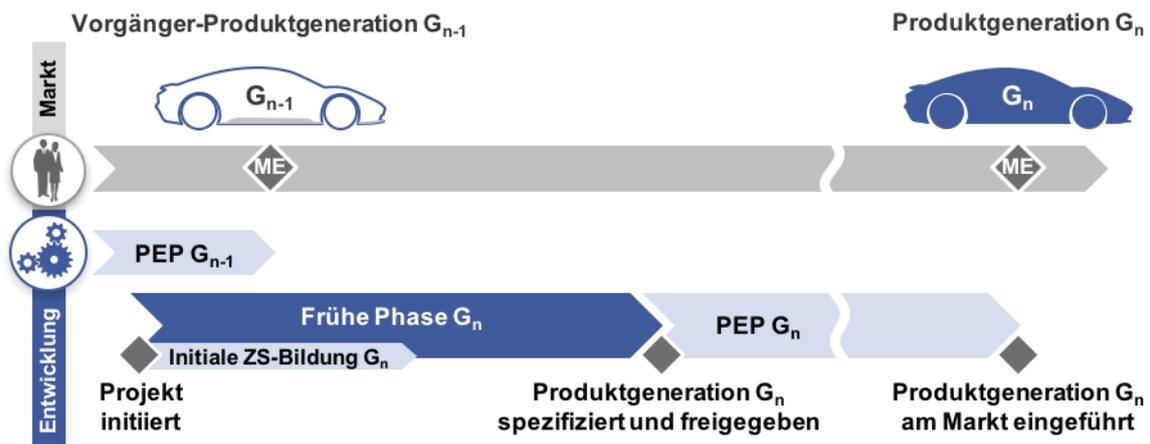


Abbildung 5-3: Initiale Zielsystembildung in der Frühen Phase im Modell der PGE nach ALBERS, HEITGER ET AL. (2018c)

Die initiale Zielsystembildung lässt sich somit relativ im PEP verorten. Je nach Entwicklungsprojekt finden die Aktivitäten hierzu bis zu zwei oder mehr Jahre vor dem ersten Quality Gate des PEPs statt. Die initiale Zielsystembildung folgt auf den Projektauftrag, welcher explizit mit einer neuen Produktidee ausgesprochen wird oder ergibt sich implizit durch die Fortschreibung des Modelleinsatzplans.<sup>30</sup>

### 5.1.2 Charakteristika und organisationale Rahmenbedingungen

Trotz einer zunehmenden Formalisierung der Entwicklungsaktivitäten in der „Frühen Phase“, auch bereits vor Beginn des eigentlichen Produktentwicklungsprozesses und damit dem ersten Quality Gate, lassen sich Unterschiede zum deutlich strukturierteren Prozess der Konzeptentwicklung und Serienentwicklung festhalten. Der Formalisierungsgrad von Prozessen ist geringer und projektspezifisch ausgeprägt. Entwicklungsprojekte mit voraussichtlich hohem technischen Risiko (z.B. aufgrund neuartiger Antriebstechnologien für das Unternehmen) erfordern frühzeitige Validierungsaktivitäten. Hierfür werden z.B. Vorentwicklungsprojekte genutzt. Projekte mit einem geringen Neuentwicklungsanteil gegenüber dem Vorgänger lassen hingegen oftmals schlankere Projektstrukturen zu. Dies zeigt sich unter anderem in Projektplänen und Gremienstrukturen, aus denen der Vorlauf zu den initialen Projektmeilensteinen hervorgeht.

Unsicherheit stellt eines der zentralen Merkmale der „Frühen Phase“ dar. Sowohl aufgrund des Mangels an Wissen, aber vor allem auch aufgrund des Mangels an Definition.<sup>31</sup> Die Aufmerksamkeit des Projektmanagements für die Zielbildungs- und Produktdefinitionstätigkeiten in der „Frühen Phase“ liegt nicht ungeteilt vor. Dies liegt nicht zuletzt an den langen Feedback-Schleifen für die Tragweitenanalyse von

<sup>30</sup> in der automobilen Praxis auch als Cycle-Plan bezeichnet

<sup>31</sup> vgl. Abschnitt 2.4.1.1

Entscheidungen zu diesem Zeitpunkt. Entscheidungen werden, wenn sie überhaupt retrospektiv noch nachvollzogen werden können, erst deutlich später im Produkt verifizierbar – die Validierung durch den Kunden erfolgt noch später. Darüber hinaus wirken Entscheidungen in der „Frühen Phase“ oftmals weniger dringlich als in späteren Entwicklungsphasen. Durch das Multiprojektmanagement von Fahrzeugprojekten gibt es subjektiv immer akutere Probleme zu lösen.<sup>32</sup> Dies gilt nicht nur für das Projektmanagement, sondern auch für die Fachbereiche in der Entwicklung. Tendenziell setzt sich das Top-Management erst mit neuen Produkten auseinander, wenn ein Prototyp vorliegt (Herstatt & Verworn, 2007). Häufig können dann jedoch keine umfangreichen Konzeptänderungen für die Produktgeneration mehr vorgenommen werden und lediglich für zukünftige Produktgenerationen berücksichtigt werden. Abbildung 5-4 illustriert exemplarisch die Aufmerksamkeit des Top-Managements im Prozessverlauf.

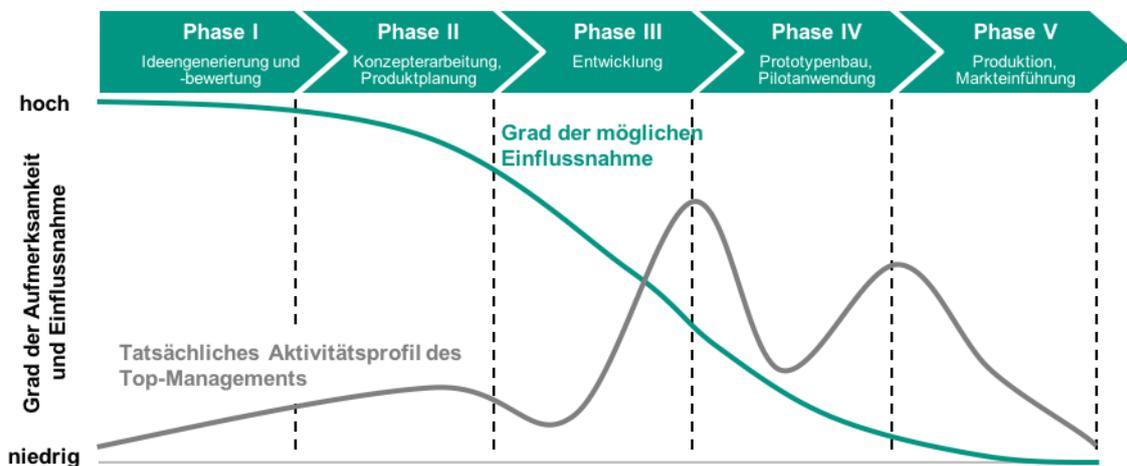


Abbildung 5-4: Aufmerksamkeit und Einfluss des Managements im PEP nach HERSTATT & VERWORN (2007)

Eine im Rahmen der Forschungsarbeit mit sechs Mitarbeitern unterschiedlicher Hierarchiestufen der Porsche AG durchgeführte Interview-Studie bestätigt diese Erkenntnisse. Neben dem Mangel an Definition wurde auch der Mangel an Wissen als Unsicherheitstreiber bestätigt. Vor allem die technische Machbarkeit wird als Unsicherheitstreiber verstanden. Bei der Entwicklung neuer Technologien werden darüber hinaus fehlendes Erfahrungswissen sowie mangelnde Validierungsergebnisse als Unsicherheitstreiber genannt (Wattenberg, 2014)<sup>33</sup>. Entscheidungen werden in der „Frühen Phase“ oft dezentral getroffen und nicht in der Organisation verbreitet. Dies liegt insbesondere an der noch nicht vorhandenen Organisations- und damit verbundenen Gremienstruktur. Oftmals sind damit

<sup>32</sup> z.B. werden Probleme beim Anlauf der Produktion situativ höher priorisiert

<sup>33</sup> Co-betreute Abschlussarbeit

Zukunftsprojekte nur einer kleinen Gruppe von Entscheidern bekannt. Zusätzlich begünstigt wird dies durch hohe Anforderungen an die Geheimhaltung entsprechender Projekte.

## **5.2 Zielsystembildung im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung**

Der automobiler Entwicklungsprozess kann durch das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung beschrieben werden. Im Folgenden wird daher der Zielbildungsprozess sowie der Aufbau von Zielsystemen in der Frühen Phase der PGE beschrieben und die Rolle von Referenzprodukten in diesem Kontext herausgestellt. Hierzu wurde die umfassende Literaturrecherche zum Stand der Forschung durch beobachtende Studien in der Praxis bei der Porsche AG ergänzt. Darüber hinaus wurden Artefakte aus vergangenen und laufenden Entwicklungsprojekten analysiert.

### **5.2.1 Beschreibung der Zielsystembildung im Modell der PGE**

Auch der automobiler Entwicklungsprozess beschreibt die Aufgabe, ein anfangs vages Zielsystem in ein konkretes Objektsystem zu überführen.<sup>34</sup> Die Grundlage für das Zielsystem einer neuen Produktgeneration eines Fahrzeugs ist eine Produktidee, welche aus unterschiedlichen Quellen stammen kann. Zentral ist hierbei der Modelleinsatzplan, in welchem das Produktportfolio und die korrespondierenden Einsatzzeiträume auf Basis einer fortlaufenden Planung abgebildet sind. Dieser kann durch das Modell der PGE vollständig beschrieben werden. Neue Projekte, zu denen kein direkter Vorgänger existiert (gemäß der PGE eine Produktgeneration  $G_1$ ), werden in diesem Plan ergänzt. Wichtige Rahmenbedingungen für die Positionierung von Fahrzeugprojekten im Modelleinsatzplan sind unter anderem das Anlaufmanagement<sup>35</sup>, verfügbare Entwicklungskapazitäten oder aber auch die Kommunikationsstrategie<sup>36</sup>.

Mit der Produktidee für eine neue Produktgeneration beginnt der initiale Zielbildungsprozess. Dieser Prozess ist zunächst wenig strukturiert. Strategische und finanzielle Ziele bilden den Rahmen für das Fahrzeugzielsystem. Je nach geplantem Markteintrittstermin für das Fahrzeugprojekt befinden sich noch Vorgängergenerationen in der Entwicklung. Eine Produktgeneration befindet sich zwischen fünf und sieben Jahren am Markt. Abbildung 5-5 illustriert den Zusammenhang zwischen der aktuellen Generation am Markt und unterschiedlichen Produktgenerationen, die sich gleichzeitig in der Entwicklung befinden.

---

<sup>34</sup> vgl. Abschnitt 2.1.2.2

<sup>35</sup> Zu viele parallele Produktionsanläufe führen zu hohem Aufwand und Komplexität

<sup>36</sup> Häufig dienen Automobilmessen als wichtiger Kommunikationskanal für neue Produktgenerationen

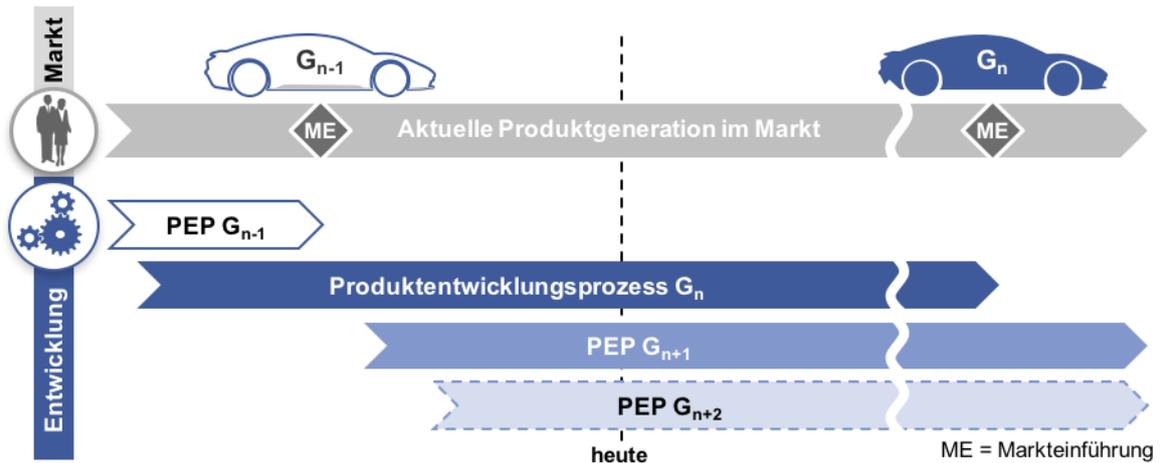


Abbildung 5-5: Produktgenerationen im Markt und in der Entwicklung für eine neue Produktgeneration  $G_n$

Die Abbildung verdeutlicht, dass neben der Produktgeneration, welche als nächstes in den Markt kommt ( $G_n$ ), bereits andere Produktgenerationen in der Entwicklung sind (insbesondere  $G_{n+1}$ , teilweise auch bereits  $G_{n+2}$ ). Insbesondere im Kontext früher Vorentwicklungsprojekte laufen Zielbildungsaktivitäten teilweise mehr als sechs Jahre vor dem geplanten Markteintritt ab. Je früher also Zielbildungsaktivitäten stattfinden, desto mehr Produktgenerationen müssen bzw. können berücksichtigt werden (Albers, Heitger et al., 2016c). Innerhalb des Produktlebenszyklus einer Fahrzeuggeneration gibt es normalerweise eine Produktaufwertung (Facelift), welche auch als eigene Produktgeneration interpretiert werden kann (vgl. Abbildung 5-6) (Diez, 2006, S. 139).

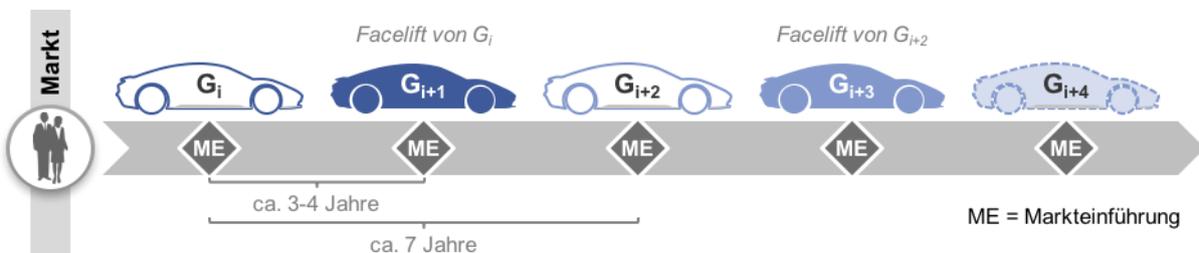


Abbildung 5-6: Verschiedene Produktgenerationen im Modell der PGE

### 5.2.2 Charakteristika von Zielsystemen in der Frühen Phase der PGE

Erste Zielsysteme für Produktgenerationen mit relativ langer Dauer bis zur Markteinführung (also insbesondere  $G_{n+1}$ ,  $G_{n+2}$ , ...) besitzen auf Grund des Mangels an Informationen und der damit verbundenen Unsicherheit oftmals noch eine geringe Härte. Auch die notwendige Robustheit ist noch nicht gegeben.<sup>37</sup> Sich ändernde Randbedingungen können Produktideen komplett in Frage stellen. Oftmals wird daher in verschiedenen Szenarien gedacht, um die notwendige Flexibilität sicherzustellen. In der initialen Zielsystembildung steht für diese Produktgenerationen daher eine breite,

<sup>37</sup> vgl. Abschnitt 2.4.2.2

das Gesamtfahrzeug umfassende, Zielsystembeschreibung im Fokus, weniger die ganzheitliche Konkretisierung in der Tiefe. Aufgrund veränderter Randbedingungen, wie z.B. neuer Gesetze für Zielmärkte, Erkenntnisse aus der Marktforschung für vorhergehende Produktgenerationen, Wettbewerbsbeobachtungen oder die Verfügbarkeit neuer Technologien werden Bedarfe für neue Ziele abgeleitet. Hieraus entsteht eine horizontale Erweiterung des Zielsystems. Außerdem sind frühe Zielsysteme heterogen in ihrem Konkretisierungsgrad. Konzeptbestimmende Ziele (bspw. Vorgaben zu Fahrleistungen oder zum Verbrauch) sind deutlich spezifischer als Ziele, deren Tragweite auf die Teilsysteme des Fahrzeugs geringer sind (bspw. Ziele zur Anmutungsqualität der Materialien oder verfügbaren Fahrzeugfarben). Dies führt zu heterogenen Zielabstraktionsgraden verschiedener technischer Teilsysteme.

Die Elemente des initialen Zielsystems lassen sich in lösungsoffen und lösungsspezifisch unterscheiden. Lösungsoffene Zielsystemelemente beschreiben dabei Produkteigenschaften und -funktionen, welche die Produktgeneration in ihrem Verhalten beschreiben, ohne dabei die konkrete technische Realisierung, im Sinne von Prinzip oder Gestalt, zu benennen. Beispiele sind Differenzierungsziele im Wettbewerb, wie das „beste Anfahrverhalten seiner Klasse“ oder Umsetzung einer „robusteren Rennstartfunktionalität“. Lösungsspezifische Ziele demgegenüber adressieren zum einen Gestalteigenschaften (z.B. „Fortsetzen des Designs des Vorgängers“) und die technische Realisierung. Sie geben vor, welche technischen Teilsysteme, bestehend aus Hardware- und Softwarekomponenten, im Rahmen einer systematischen PGE variiert werden sollen (Albers, Heitger et al., 2018c). Das Zielsystem wird dabei teilweise durch bereits bestehende oder vorgegebene technische Systeme eingeschränkt. Insbesondere durch die Nutzung von Baukästen und Plattformen in der Automobilindustrie ist eine Vielzahl technischer Systeme bereits festgelegt, bevor der Zielbildungsprozess für die eigentliche Produktgeneration begonnen hat. Zur Nutzung maximaler Synergien zwischen Marken, Modellreihen, Derivaten<sup>38</sup> und Varianten<sup>39</sup> werden Gleichteile übergreifend definiert. Oftmals werden technische Systeme in der Baukastenentwicklung für mehrere Produktgenerationen genutzt.<sup>40</sup> Neben gestaltbestimmenden Parametern aufgrund von Plattformdefinitionen, wie z.B. Radständen, Plattenspuren oder Raddurchmessern werden auch funktionsbestimmende technische Systeme<sup>41</sup>, wie z.B. Motoren oder Getriebe, durch Baukästen vorgegeben. Im ersten Fall führt dies z.B. zu

---

<sup>38</sup> ein Derivat beschreibt im Kontext dieser Arbeit eine bestimmte Ausprägung einer Modellreihe (z.B. Porsche 911 Cabrio)

<sup>39</sup> eine Variante beschreibt im Kontext dieser Arbeit die spezifische Ausstattung eines Derivats. Häufig geht diese auch mit einer Motorvariante einher. (z.B. Porsche 911 Cabrio 4S)

<sup>40</sup> vgl. Abschnitt 2.1.3.1

<sup>41</sup> im Kontext der Baukastenentwicklung auch als *Module* bezeichnet (Albers et al., 2015a)

Randbedingungen bei der Definition des Designs, aber auch des Fahrkomforts. Im zweiten Fall können sehr spezifische Anforderungen damit verbunden sein, wie z.B. die maximale Leistung des Motors oder das maximal übertragbare Drehmoment im Getriebe. Abbildung 5-7 fasst die zuvor erläuterten Merkmale und daraus resultierenden Einschränkungen initialer Zielsysteme zusammen.

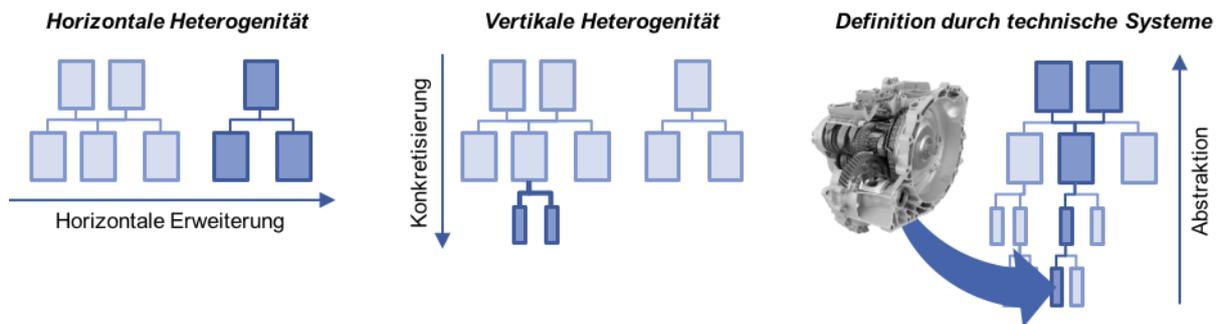


Abbildung 5-7: Merkmale initialer Zielsysteme

Die Beschreibung früher Zielsysteme erfolgt nur teilstrukturiert – häufig stellen Steckbriefe<sup>42</sup>, welche das technische Konzept in aggregierter Form beschreiben, auf Gesamtfahrzeugebene zentrale Dokumente dar. In ihnen sind sowohl Informationen zu Produktzielen als auch strategischen Zielen zusammengefasst und darüber hinaus erste grundlegende konzeptionelle Ziele, Anforderungen und Randbedingungen aggregiert. Gleichzeitig stellen diese Steckbriefe in der Regel einen Zusammenhang zu Referenzprodukten her, da sie konkret Delta-Umfänge zu anderen Produktgenerationen ausweisen (z.B. die Übernahme von Teilsystemen aus dem Vorgänger). Insbesondere für Produktgenerationen nach  $G_{n+1}$  sind in der Regel noch keine detaillierten Gesamtfahrzeugzielsysteme verfügbar und müssen durch die Spezifikation von Anforderungen weiter konkretisiert werden.

### 5.2.3 Referenzprodukte in der Automobilentwicklung

Neue Produktgenerationen basieren gemäß der PGE immer auf einem oder mehreren Referenzprodukten, welche einen Großteil der grundsätzlichen Produktstruktur vorgeben und damit den technischen Lösungsraum einschränken bzw. konkretisieren.<sup>43</sup> In den meisten Fällen eines Fahrzeugentwicklungsprojektes gibt es einen direkten Vorgänger ( $G_{i-1}$ ), welcher als Basis-Referenzprodukt für die Lösungsfindung der Folgegeneration genutzt wird. Bei einer vorhandenen Vorgängergeneration ist umfangreiches Wissen zum technischen System, z.B. in Form von Validierungsergebnissen, vorhanden. Validierungsprozesse und -umgebungen können für Nachfolgenerationen häufig übernommen werden. Zusätzlich ist Wissen

<sup>42</sup> Der Begriff „Steckbrief“ ist auf das kompakte Format zurückzuführen

<sup>43</sup> vgl. Abschnitt 2.2.2

über Kunden und Märkte vorhanden. Dennoch müssen endogene Randbedingungen, wie z.B. die Unternehmens- und Produktstrategie, berücksichtigt werden. Umso früher die Zielbildungsaktivitäten relativ zur Markteinführung stattfinden ( $G_{n+1}$ ,  $G_{n+2}$ , ...), desto größer wird auch der Einfluss technologischer Unsicherheit. Bei technologischen Umbrüchen, wie z.B. der Diffusion alternativer Antriebstechnologien, ist die Unsicherheit trotz einer vorhandenen Vorgängergeneration besonders hoch. Weitere interne Referenzprodukte, z.B. in Form anderer Modellreihen, werden insbesondere dann genutzt, wenn kein direkter Vorgänger verfügbar ist (also die Entwicklung von  $G_1$ ) oder Technologien übernommen werden sollen. Hierbei müssen Unsicherheiten aufgrund der Übertragung von Erkenntnissen berücksichtigt werden – z.B. unterschiedliche Anforderungen der Zielkunden, die zwischen verschiedenen Fahrzeugsegmenten variieren.

Zur Beschreibung von Differenzierungszielen werden in der Zielsystembildung ebenfalls Referenzprodukte genutzt.<sup>44</sup> Neben auf Vorgängergenerationen basierenden Prämissen, wie z.B. eine „bessere Beschleunigung als der Vorgänger“, werden interne Referenzprodukte für die Differenzierung im Produktportfolio genutzt (bspw. „geringerer Anschaffungspreis als interne Modellreihe XY“). Da der Kunde seine Kaufentscheidung unter Berücksichtigung der vorhandenen Alternativen trifft, ist es aber vor allem notwendig, entsprechende Differenzierungsmerkmale für die Produktgeneration gegenüber Wettbewerbern zu realisieren. Hierbei können sowohl Zielsetzungen relativ zum heutigen Wettbewerb (bspw. „Gepäckraumvolumen wie der aktuelle Wettbewerber X“) als auch gegenüber prognostizierten Wettbewerbsfahrzeugen (bspw. „besseres Bremsverhalten als der zur Markteinführung im Markt befindliche Wettbewerber Y“) betrachtet werden.

Wie im Abschnitt zuvor beschrieben, beginnt der Zielbildungsprozess idealerweise auf der Ebene des Gesamtfahrzeugs. Mit zunehmender Konkretisierung des Zielsystems können auf den Zielsystemebenen unterschiedliche Referenzprodukte zur Anwendung kommen. Es ergibt sich eine Referenzprodukt Hierarchie (Albers, Heitger et al., 2018d), welche damit das Referenzsystem begründet.<sup>45</sup> Beispielsweise werden andere Modellreihen als Referenzprodukt für ein Modul im Rahmen einer Baukastenentwicklung genutzt. Bei diesen internen Referenzprodukten ist trotzdem vorhandenes Wissen verfügbar, z.B. zu verwendeten Technologien. Außerdem kann auf vorhandene Prüfstände etc. zurückgegriffen werden. Für Teilsysteme sind darüber hinaus Referenzprodukte außerhalb der Automobilbranche denkbar. Beispiele sind

---

<sup>44</sup> vgl. Abschnitt 2.2.2

<sup>45</sup> vgl. Abschnitt 2.2.2

Bedien- und Anzeigesysteme, bei welchen sich unter anderem an Systemen der Unterhaltungselektronik orientiert wird.<sup>46</sup> Hierbei sind sowohl notwendige Adaptionen an die Anwendungsfälle im Automobilbau und damit verbundene Anforderungen zu berücksichtigen,<sup>47</sup> als auch abweichende Entwicklungs- und Produktlebenszyklen (Albers, Heitger et al., 2016c). Abbildung 5-8 fasst mögliche Referenzprodukte zusammen und stellt exemplarisch einen Bezug zu deren Modelllebenszyklus her.

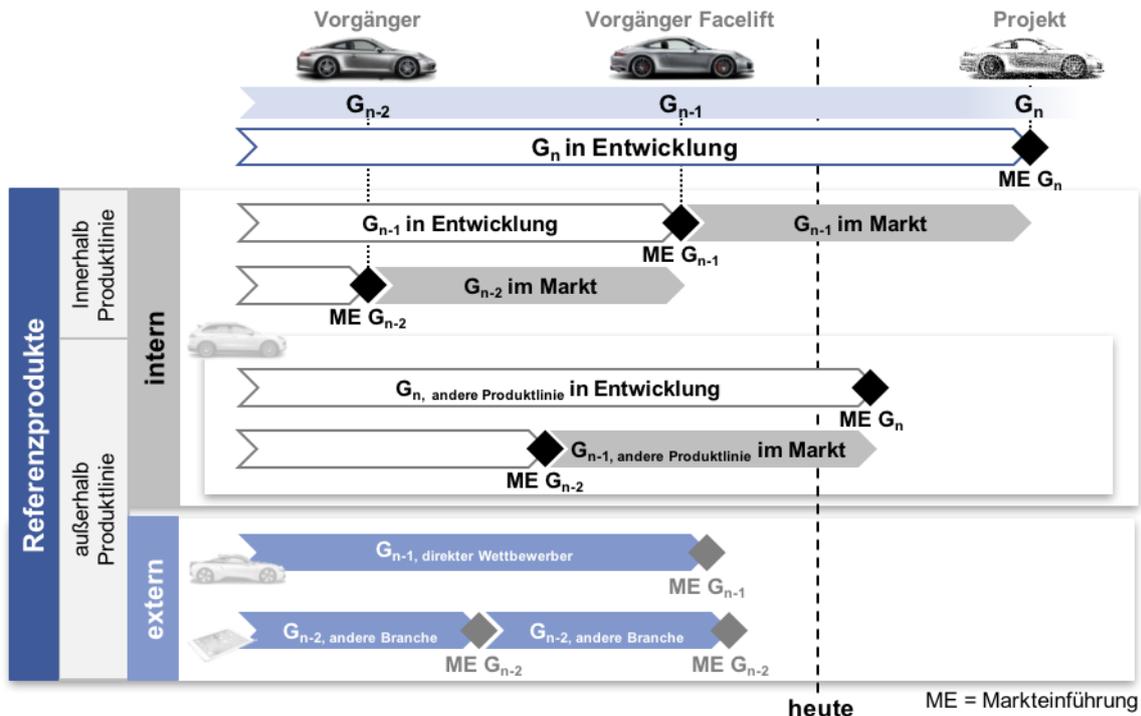


Abbildung 5-8: Referenzprodukte in der Automobilentwicklung im Modell der PGE nach ALBERS, HEITGER ET AL. (2016c)

Bei internen Referenzprodukten kann auf Zielsysteminformationen zugegriffen werden (bspw. in Form bestehender Zielkataloge oder Lastenhefte) und Erkenntnisse aus Entwicklungsgenerationen, also Entwicklungsstände von noch nicht am Markt befindlichen Produktgenerationen, genutzt werden (Albers, Heitger et al., 2016c). Bei externen Referenzprodukten liegen in der Regel keine Zielsysteminformationen vor. Im Fall von Wettbewerbsprodukten muss daher über das Objektsystem (bzw. das Handlungssystem) bestehender Produktgenerationen auf zukünftige Produktausprägungen geschlossen werden. Beispielsweise können vorgestellte Konzeptfahrzeuge auf Messen Rückschlüsse auf zukünftige Produktausprägungen der Wettbewerbsfahrzeuge zulassen. Für aktuelle Wettbewerber liegen in den entsprechenden Fachabteilungen detaillierte Informationen in Form von Herstellerangaben, Testauswertungen und eigenen Messungen bzw. Benchmarks

<sup>46</sup> z.B. „Bedienphilosophie des Infotainment-Systems analog eines Tablets“

<sup>47</sup> z.B. Gebrauchs- oder Funktionssicherheit

vor. Die Prognose von Wettbewerbsinformationen muss oftmals durch Methoden, wie die Szenario-Technik, technische Fortschreibung etc. unterstützt werden. Die Unsicherheit der Prognosen steigt mit zunehmendem zeitlichen Horizont und damit verbundener technologischer Unsicherheit. Tabelle 5-2 fasst die verfügbaren Informationen zu den jeweiligen Referenzprodukten zusammen.

Tabelle 5-2: Verfügbare Informationen zu Referenzprodukten

		Intern			Extern	
		Gleiche Modellreihe	Andere Modellreihe	Innerhalb Konzern	Wettbewerber	außerhalb Branche
Verfügbare Informationen	<b>Objektsystem- informationen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Aktuelle) Produktgeneration im Markt</li> <li>▪ Prototypen von Entwicklungs-generationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Aktuelle) Produktgeneration im Markt</li> <li>▪ Prototypen von Entwicklungs-generationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Aktuelle) Produktgeneration im Markt</li> <li>▪ Prototypen von Entwicklungs-generationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Aktuelle) Produktgeneration im Markt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (Aktuelle) Produktgeneration im Markt</li> </ul>
	<b>Zielsystem- informationen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entwicklungs-generationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entwicklungs-generationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entwicklungs-generationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prognosen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prognosen</li> </ul>

Interne Referenzprodukte werden nicht nur für die inhaltliche Produktdefinition einer neuen Produktgeneration genutzt. Entwicklungsdokumente von Vorgängern oder anderen Modellreihen dienen darüber hinaus als Referenzobjekte für das zu entwickelnde Fahrzeug und sind damit Bestandteil des Referenzsystems. Dabei werden Strukturen vorhandener Dokumente genutzt und an das aktuelle Projekt inhaltlich adaptiert. Insbesondere beim Aufbau strukturierter Meilensteindokumente wird entsprechend auf vorhandene Dokumente von Referenzprodukten zurückgegriffen (z.B. Lastenhefte).

### 5.3 Funktionsbereichsübergreifende Zielsystembildung

Zielbildung ist ein ressort- sowie fachbereichsübergreifender und damit interdisziplinärer Prozess. Auch wenn im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung Informationen von Referenzprodukten übernommen werden, stellt jeder Zielbildungsprozess individuelle Anforderungen an die beteiligten organisationalen Funktionsbereiche und deren Zusammenarbeit. Das primäre Ziel ist ein möglichst robustes, hartes, transparentes, aber vor allem akzeptiertes initiales Zielsystem in der Frühen Phase der PGE zu erzeugen. Dieser Abschnitt der Deskriptiven Studie I beschreibt daher detailliert die Herausforderungen eines fachbereichs- und ressortübergreifenden Zielbildungsprozesses, den damit verbundenen Informationsaustausch sowie Barrieren, welche zu Konflikten in der Zielsystembildung führen können. Hierzu wurde aufbauend auf dem Stand der Forschung der Stand der Technik mit einer Literaturrecherche vertieft sowie durch

beobachtende Studien und Interviews im Rahmen des Forschungsprojektes bei der Porsche AG ergänzt.

### 5.3.1 Informationen und Informationsquellen für die Zielsystembildung

BRAESS UND SEIFFERT (2013, S. 1139f.) zufolge sind in der Automobilindustrie zwei wesentliche Stellgrößen für die Phase der Produktdefinition entscheidend: Die Ermittlung des zu erwartenden Kundenverhaltens zum Zeitpunkt der Markteinführung sowie die Unternehmensstrategie, die Aufschluss über die Notwendigkeit einer Anpassung der Produktpalette an die langfristige Unternehmensausrichtung gibt. Darüber hinaus werden in der Literatur weitere Quellen für Anforderungen beschrieben, welche sich mitunter gegenseitig bedingen.<sup>48</sup> Eine beispielhafte Übersicht zeigt LINDEMANN (vgl. Abbildung 5-9). Außerdem weist LINDEMANN auf die Herausforderungen bei der Ermittlung von Zielgrößen hin. Zentral ist hierbei, dass ein Großteil der relevanten Informationen implizit bei Kunden, aber auch Mitarbeitern vorliegt und somit nicht direkt zugänglich ist (Lindemann, 2009, S. 97).



Abbildung 5-9: Beispiele für Anforderungsquellen nach LINDEMANN (2009, S. 97)

Bei der Entwicklung einer neuen Produktgeneration von z.B. wie hier betrachteten Automobilen muss insbesondere zwischen heutigen und zukünftigen Anforderungen unterschieden werden. Kundenbedürfnisse sind nicht stabil und müssen prognostiziert oder antizipiert werden. Gesellschaftliche Entwicklungen, z.B. in Form von Trends wie dem demografischen Wandel, verändern Kundenanforderungen (Lindemann, 2009, S. 90ff.; Braess & Seiffert, 2013, S. 1139f.). Sie sind jedoch nur ein Indikator für zukünftige Entwicklungen und zu abstrakt, um konkrete technische Anforderungen direkt abzuleiten. Trendanalysen, z.B. unterstützt durch Methoden wie die Szenario-Technik (vgl. z.B. Gausemeier & Plass, 2014, S. 44f.), spannen zwar ein oder mehrere Zukunftsbilder auf, benennen jedoch nur sehr begrenzt die technischen Anforderungen und Lösungen (vgl. z.B. Albers, Grunwald, Marthaler, Reiß & Bursac, 2018). Ein Szenario vereint die denkbaren Entwicklungen von Einflussfaktoren (sog.

<sup>48</sup> vgl. Abschnitt 2.4.2.1 und Abschnitt 2.4.3

Projektionen) der Zukunft, in denen sich zukünftige Produktgenerationen bewegen. Auch der Wettbewerb bewegt sich in diesen Projektionen und entwickelt eigene technische Lösungen, um entsprechende Absatzpotenziale zu erschließen. Ein zentrales Instrument zum Verständnis zukünftiger Marktsituationen und -anforderungen stellt daher die Wettbewerbsanalyse und -prognose dar. Neben der Analyse technischer Systeme von Referenzprodukten und strategischen Ausrichtungen zeigt die Wettbewerbsanalyse auch Möglichkeiten für die Differenzierung der eigenen Produktgeneration im zukünftigen Markt. Strategien, sowohl auf Unternehmens-, aber insbesondere auf Produktebene, bilden einen Rahmen, lassen sich aber nur im begrenzten Maße in konkrete technische Anforderungen für eine Produktgeneration überführen. Sie bilden jedoch insbesondere über die Marken- und Modellreihenstrategie einen Rahmen für die mögliche Profilierung der betrachteten Produktgeneration (vgl. z.B. Muschik, 2011, S. 90ff.),

Problematisch ist der Zusammenhang zwischen der Unsicherheit und der damit verbundenen Qualität der bereitgestellten Informationen für die Zielsystembildung. Konkrete Kundenwünsche besitzen eine hohe Informationsqualität für die Zielsystembildung und lassen sich entsprechend gut in technische Anforderungen übersetzen. Sie stehen aber in sehr frühen Entwicklungsphasen nicht oder in impliziter Form zur Verfügung. Informationen zu Trends und Wettbewerbern sind in entsprechenden Phasen häufig unspezifisch und sehr unsicherheitsbehaftet. Der strategische Rahmen bildet normalerweise nicht die definitorische Tiefe ab, welche für die Ableitung technischer Anforderungen notwendig ist (z.B. Ziele zur Projektwirtschaftlichkeit). Abbildung 5-10 stellt darauf aufbauend den Zusammenhang der Informationsquellen für die Zielsystembildung und die jeweilige Relevanz der Informationen in einen zeitlichen Bezug zueinander.

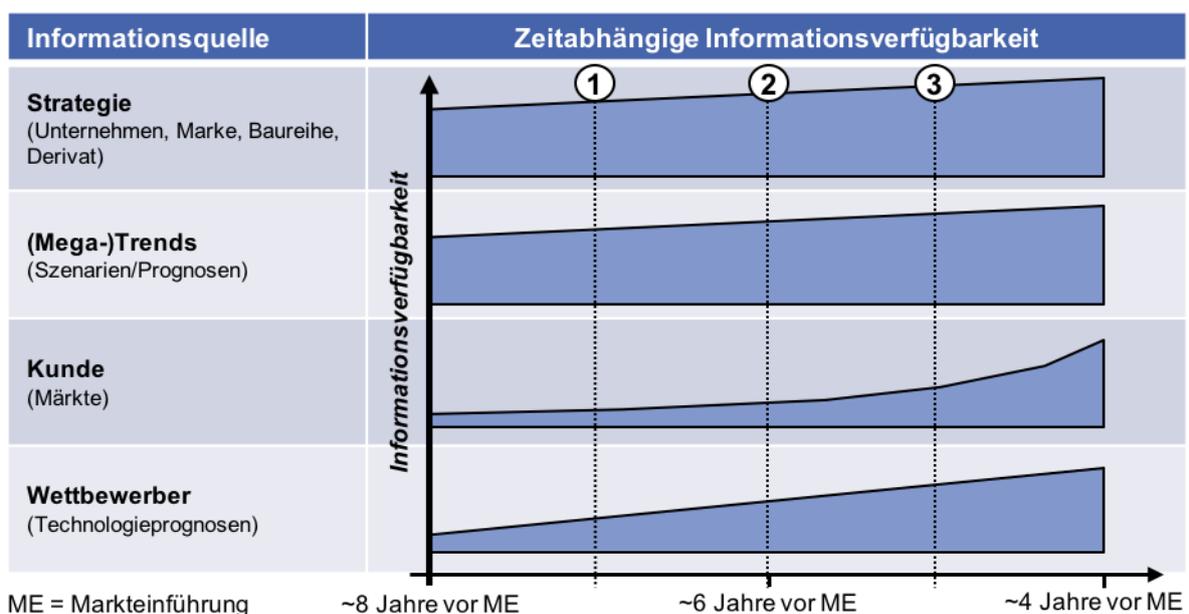


Abbildung 5-10: Informationsverfügbarkeit für die Zielsystembildung

Auf Basis realer Fahrzeugentwicklungsprojekte bei der Porsche AG wurden exemplarisch die Zeitpunkte 1, 2 und 3 für eine detaillierte Betrachtung der Informationsquellen für Anforderungen analysiert.

- 1) Sehr früh, also mehr als sechs Jahre vor SOP, im Fahrzeugentwicklungsprojekt stehen kaum Informationen zu Kundenanforderungen und Wettbewerbern zur Verfügung. Durch strategische Analysen lassen sich mögliche Szenarien für Wettbewerbsentwicklungen bilden. Für Kunden lassen sich auf Ebene von Milieustudien und theoretischer User-Stories begrenzt Erkenntnisse gewinnen. Lediglich Marktanforderungen, z.B. zu Gesetzen sowie globalen Markt- bzw. Segmentprognosen, lassen erste Schlüsse für die Anforderungsdefinition zu. Trends beschreiben auf abstrakte Weise relevante Zukunftsthemen. Der Rahmen der Langzeitstrategie bildet diesen Zeithorizont bereits ab. Die Informationen aus Strategie und Trends sind jedoch kaum direkt in technische Anforderungen übersetzbar.
- 2) Mit zunehmendem Projektfortschritt werden insbesondere Wettbewerbsanalysen detaillierter. Informationen aus Pressevorstellungen und Messefahrzeugen lassen z.B. detailliertere Schlussfolgerungen zur Wettbewerbsentwicklung zu. Strategien und Trends entwickeln sich weiter und werden konkreter. Aus Sicht der betrachteten Produktgeneration (zu diesem Zeitpunkt in der Regel  $G_{n+1}$ ) beziehen sich bestehende Marktfeedbacks der Kunden noch zumeist auf die Vor-Vorgänger Produktgeneration ( $G_{n-1}$ ) und lassen daher nur begrenzt Rückschlüsse zu.
- 3) Der zeitliche Fortschritt führt in der Entwicklung zu ersten konkreteren Konzepten und Ideen, welche z.B. in Form von Kundenstudien und Car-Kliniken für Kunden- und Marktfeedbacks genutzt werden können. Aussagen über Wettbewerbsstrategien konkretisieren sich auch auf der Modellebene zunehmend und lassen teilweise erste konkrete Schlussfolgerungen auf technischer Teilsystemebene zu (bspw. Antriebsstrategien). Trends werden fortgeschrieben und Strategien entsprechend konkretisiert.

Die Analyse der zeitlichen Abhängigkeit von Informationen zu Anforderungen zeigt im Rahmen der automobilen Zielsystembildung den Umgang mit unterschiedlichen Quellen für Unsicherheit. Neben einem hohen Mangel an Wissen, insbesondere aufgrund exogener Unsicherheiten, sind auch definitorische Wissenslücken im frühen Zielbildungsprozess vorhanden, welche neben der technologischen Unsicherheit auch in strategischen Entscheidungen begründet liegen.

Eine im Entwicklungsressort der Porsche AG durchgeführte Interviewstudie mit sechs Teilnehmern verschiedener Hierarchieebenen und Fachbereiche bestätigte diese Erkenntnisse qualitativ. Auf Ebene der Entwickler wurden insbesondere die

definitiven Wissenslücken hervorgehoben (z.B. die Vorgabe konkreter Fahrleistungsziele). Das Management hob aktuelle exogene Unsicherheiten hervor: Den Schwerpunkt bildeten dabei regulatorische Rahmenbedingungen, welche eine marktspezifische Berücksichtigung finden müssen sowie technologische Unsicherheiten, z.B. zu Antriebs- und Digitalisierungstechnologien. Auch der zunehmende, branchenübergreifende Wettbewerb wurde als Unsicherheitstreiber identifiziert (Wattenberg, 2014)<sup>49</sup>.

### 5.3.2 Beteiligte Funktionsbereiche an der Zielsystembildung

Die Informationen zu Anforderungen, Zielen und Randbedingungen liegen im Unternehmen verteilt vor und lassen sich häufig nicht eindeutig einem verantwortlichen Funktionsbereich zuordnen. Beobachtungen in der Praxis stützen die Erkenntnis der Literaturrecherche, dass eine eindeutige Benennung der beteiligten Fachbereiche am initialen Zielbildungsprozess nicht möglich ist. Die Ergebnisse einer umfassenden Literaturrecherche legen daher nahe, von einem Rollenverständnis zu sprechen, das in der Praxis häufig mit Funktionsbereichen in Verbindung gebracht werden kann. Im Nachfolgenden werden die Ergebnisse der umfassenden Literaturrecherche sowie die daraus resultierenden Rollen eingeführt und exemplarisch erläutert.

Dem Funktionsbereich Marketing und Vertrieb kommt STUFFER (1994, S. 40) zufolge bei der Zielsystembildung eine besondere Rolle zu. Weitere Bereiche, wie Einkauf, Forschung & Entwicklung (F&E) sowie Produktion sind nach Bedarf hinzuzuziehen. Die Begründung liegt in der Verantwortung der Kundensicht durch Marketing und Vertrieb. Auch GRIFFIN UND HAUSER (1996) haben eine ähnliche Sichtweise. Ihrer Meinung nach sind das Marketing und F&E für die Produktziele zuständig. Wie in Abschnitt 5.3.1 dargestellt, sind jedoch die Quellen für Anforderungen deutlich umfangreicher als lediglich die Betrachtung des Kunden. Auch ALBERS, HEITGER ET AL. (2018b) betonen im Profilverständnis die unterschiedlichen, zu berücksichtigenden Perspektiven bei der Produktdefinition – insbesondere die differenzierte Ableitung des Kunden-, Anwender- und Anbieternutzens erfolgt dabei durch unterschiedliche Unternehmensperspektiven und Organisationseinheiten.<sup>50</sup> Ein umfassenderes Verständnis der beteiligten Funktionsbereiche beschreibt beispielweise GESSNER (2001, S. 3). Ihm zufolge sind die Funktionsbereiche Design, F&E, Marketing und die Abteilung Package diejenigen, die die Definition des Gesamtfahrzeugs verantworten. Außerdem muss neben den produktdefinierenden Bereichen auch die Produktion frühestmöglich beteiligt werden. KOHN unterstützt diese Ansicht, betont jedoch die besonders starke Interaktion zwischen Marketing und F&E (Kohn, 2006, S. 48f.).

---

<sup>49</sup> Co-betreute Abschlussarbeit)

<sup>50</sup> vgl. Abschnitt 2.2.1

Das Verständnis für eine frühzeitige Beteiligung aller Funktionsbereiche am Zielbildungsprozess hat sich über die vergangenen Jahre in der Forschung durchgesetzt. GASSMANN UND SCHWEITZER (2014, S. 5) fassen dieses Verständnis in der Aussage zusammen, dass durch die Integration von mehr Perspektiven in der „Frühen Phase“ eine bessere Grundlage für das gesamte Entwicklungsprojekt gelegt wird. LINDEMANN (2005, S. 306) ergänzt darüber hinaus, dass sich der Mehraufwand durch eine frühe Integration der Funktionsbereiche im weiteren Verlauf der Produktentwicklung durch weniger Iterationen positiv auswirkt. ALBERS ET AL. (2012) bestätigen diesen Zusammenhang. Um die Heterogenität der Anspruchsgruppen in der Automobilentwicklung abzubilden, werden im Folgenden die Rollen der am Zielbildungsprozess beteiligten Funktionsbereiche skizziert. Tabelle 5-3 fasst die Kriterien zur Beschreibung der Rollen der an der Zielsystembildung beteiligten Funktionsbereiche zusammen.

Tabelle 5-3: Kriterien zur Beschreibung von Funktionsbereichsrollen nach LACHENIT (2016)<sup>51</sup>

<b>Aufgaben und Ziele des Funktionsbereichs</b>	Die Gesamtheit aller bewussten gedanklichen Vorwegnahmen eines angestrebten Soll-Zustandes in der Zukunft sowie alle Tätigkeiten, die die Mitarbeiter des Funktionsbereichs durchführen müssen, um diesen Soll-Zustand erreichen zu können.
<b>Produktziele, die der Funktionsbereich in das Zielsystem einbringt</b>	Alle Randbedingungen, Ziele und Anforderungen, die ein Funktionsbereich in die Zielsystemerstellung einbringt, damit diese bei der Entwicklung umgesetzt und im finalen Produkt realisiert werden.
<b>Zeitlicher Horizont des Funktionsbereichs</b>	Zeitraum, den ein Funktionsbereich im Rahmen seiner Planungen und Tätigkeiten in der Frühen Phase betrachtet.
<b>Informationen des Funktionsbereichs</b>	Alle Informationen, die ein Funktionsbereich im Rahmen der Zielsystemerstellung benötigt, erarbeitet und anderen Funktionsbereichen bereitstellt.
<b>Detaillierungstiefe des Funktionsbereichs</b>	Detaillierungstiefe, in der Mitarbeiter eines Funktionsbereichs denken, arbeiten und sprechen. Folglich weisen die Informationen, die der Funktionsbereich bereitstellt, dieselbe Detaillierungstiefe auf.
<b>Materialisierung der von dem Funktionsbereich verwendeten Objekte</b>	Materialisierung der Objekte, mit denen die Mitarbeiter der Funktionsbereiche arbeiten und in denen sie ihre Ergebnisse und Produktziele zusammenfassen.
<b>Fachsprache der Mitarbeiter des Funktionsbereichs</b>	Die "Gesamtheit aller sprachlichen Mittel, die in einem fachlich begrenzten Kommunikationsbereich verwendet werden, um die Verständigung der dort tätigen Fachleute zu gewährleisten." (Hoffmann 1976, S. 170.) Hierbei kann es sich sowohl um die geschriebene als auch um die gesprochene Sprache handeln. (Vgl. Kugler 2014, S. 68ff.)
<b>Ausbildung (Disziplin) der Mitarbeiter des Funktionsbereichs</b>	Diejenige Disziplin, in der die meisten Mitarbeiter des Funktionsbereichs ausgebildet wurden.
<b>Denk- und Arbeitsweise der Mitarbeiter des Funktionsbereichs</b>	Zu den Denkweisen der Mitarbeiter zählen Persönlichkeitsmerkmale und Stereotypen sowie die unterschiedlichen Arbeitsweisen der Mitarbeiter, die sich bspw. durch den Grad an Bürokratie und Ambiguität sowie durch die unterschiedliche Gestaltung der Arbeitsprozesse auszeichnen.

Tabelle 5-4 stellt das Ergebnis einer umfassenden Literaturrecherche zum Rollenverständnis der verschiedenen Funktionsbereiche im Rahmen der Zielsystembildung dar. Die Rollen und damit verbundenen Aufgaben eines Funktionsbereichs im Rahmen der Zielsystembildung leiten sich aus dessen Rolle im

<sup>51</sup> Co-betreute Abschlussarbeit

Unternehmen ab. Nicht immer lassen sich diese Rollen überschneidungsfrei Organisationseinheiten zuordnen. Auch innerhalb der Funktionsbereiche gibt es wiederum Organisationseinheiten, welche unterschiedliche Perspektiven auf die Zielbildung einnehmen. Innerhalb der Entwicklung ist z.B. eine Unterteilung von Fachbereichen nach technischen Teilsystemen des Fahrzeugs üblich.<sup>52</sup>

Tabelle 5-4: Rollen von Funktionsbereichen in der Zielsystembildung nach LACHENIT (2016)<sup>53</sup>

	Marketing	Forschung & Entwicklung	Produktion	Design	Produktplanung	Controlling
Rolle d. FB im Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Markterfolg des Produkts sicherstellen</li> <li>• Absichern, Ausbauen, Erschließen von Absatzmärkten</li> <li>• Kundenbedürfnisse identifizieren und befriedigen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Produkte entwickeln</li> <li>• Neue Technologien entwickeln</li> <li>• Konstruktionsfehler in Vorgängern identifizieren zur Produktoptimierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugen von Produkten für den Absatz</li> <li>• Sicherstellen effizienten Ressourceneinsatzes</li> <li>• Minimieren der Produktionskosten</li> <li>• Einhalten der Qualitätsstandards</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zentrale Bedeutung durch Vorgabe des techn. Rahmens</li> <li>• Verantwortet maßgeblich die Schnittstelle Mensch-Produkt und damit den Gebrauch des Produktes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableiten der Produktstrategie</li> <li>• Gestalten des Produktprogramms durch Planung neuer Produkte, Anpassung der bestehenden Produkte und Produktauscheidung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versorgen der Unternehmensführung mit Informationen</li> <li>• Einbinden aller Unternehmensaktivitäten in ein Planungs- und Kontrollsystem</li> <li>• Festlegen von Budgets</li> </ul>
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedürfnis- und marktgerechte Produkte entwickeln</li> <li>• Anstreben eines breiten Produktportfolios, um alle Kundenwünsche befriedigen zu können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wird für die Entwicklung neuer Produkte belohnt</li> <li>• Interessiert an Entwicklung mit hohem Neuentwicklungsanteil, da diese hohen Entwicklungsaufwand bedeuten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skaleneffekte ausnutzen und Umrüstkosten reduzieren (geringe Variantenvielfalt)</li> <li>• Fordern Produkte mit exakter Absatzprognose</li> <li>• Vermeiden von Produktänderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rolle eines ganzheitl. Produktoptimierers</li> <li>• Bestimmt u.a. subjektiv-emotionales Erleben des Produktes</li> <li>• Kann teilw. zwischen Funktionsbereichen vermitteln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellen eines sinnvollen Produktportfolios</li> <li>• Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Marktsituation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellen die Effizienz der Entwicklungsprojekte sicher</li> <li>• Vermitteln zwischen unterschiedlichen Funktionsbereichen</li> <li>• Ökonomische Gewisse des Unternehmens</li> </ul>
Produktziele im Zielsystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziele aus Markt- und Kundensicht</li> <li>• Funktionale, terminliche sowie Kosten-, Qualitäts- und Marktziele</li> <li>• Identifizierung bestehende Bedürfnisse (Kundenbefragungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leiten (technische) Anforderungen aus Zielen anderer Funktionsbereiche ab</li> <li>• Streben nach Produktelanz und perfekter Produktgestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardisierung der zu entwickelnden Produkte</li> <li>• Vermeiden zu enge Bauteiltoleranzen</li> <li>• fertigungs- und montage-gerechte Produktgestaltung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziele bzgl. des Produkterlebens/-gebrauchs, der Benutzungsanforderungen (Haptik) sowie der Sichtbarkeits-/Erkennungsanforderungen (Ästhetik)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulieren Ziele bzgl. der Rentabilität</li> <li>• Ziele zur Produktqualität &amp; -ausstattung sowie bzgl. des Funktionsumfangs sowie der Wahl der eingesetzten Technologien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steuern Kostenwerte aus Target-Costing-Ansatz bei</li> <li>• Unterstützen andere Funktionsbereiche bei der Konkretisierung vor Zielen</li> </ul>
Zeit. Horiz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzfristiger Horizont, da sich Kundenanforderung und Marktsituation schnell ändern können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langfristiger Horizont sowie Forderung hoher Planungssicherheit für Technologien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langfristiger Horizont, für robuste Planung des Herstellprozesses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langfristiger Horizont, da langwieriger Designprozess und Robustheit notwendig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langfristiger Horizont, da strategische und wirtschaftliche Ziele des Unternehmens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langfristiger Horizont, da ein Entwicklungsprojekt nur langfristig profitabel ist</li> </ul>
Informationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen zu kundenrelevanten Eigenschaften &amp; wahrgenommener Qualität</li> <li>• Informationen zu Reaktionen des Wettbewerbs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Großes technisches Produktwissen</li> <li>• Bewertungen bezüglich der technischen Machbarkeit von Produktzielen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen zu Herstellprozessen sowie zu (verfügb.) Produktionskapazitäten und -zeiten</li> <li>• Bewertungen bezüglich Produzierbarkeit der Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen zu gesellschaftlicher Situation und kultureller Entwicklung</li> <li>• Informationen bzgl. Ästhetischer und ergonomischer Aspekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aggregierte Informationen zur Entwicklung d. Marktes (Technologie, Wettbewerb, Kunden)</li> <li>• Informationen zum Produktprogramm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergebnisse ökonomischer Analysen, um Konflikte der Funktionsbereiche zu lösen</li> <li>• Informationen für Unternehmensführung</li> </ul>
Detaillierungstiefe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ geringe Detaillierungstiefe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr große Detaillierungstiefe</li> <li>• Denken in Bauteilen und techn. Lösungen</li> <li>• Oftmals zu sehr im Detail und daher Verlust des Gesamtüberblicks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauteil- und Baugruppenebene für Produzierbarkeit</li> <li>• Fabrikebene für Kapazitäten und Stückzahlen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ geringe Detaillierung zu Beginn der Entwicklung</li> <li>• Fortschreitende Konkretisierung im Entwicklungsprozess</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Detaillierungstiefe, da Gesamtprodukt und dessen Wechselwirkungen mit dem Markt von Interesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf Produktebene geringe Detaillierungstiefe</li> <li>• Auf Projektebene zu große Detaillierungstiefe, da zu detaillierte Planung und Koordination der Entwicklung</li> </ul>
Materialisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramme, Tabellen, User-Stories</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelle, Prototypen, Berechnungen und Simulationen</li> <li>• Anforderungslisten, Steckbriefe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeichnungen, Stücklisten</li> <li>• Fertigungsunterlagen (Einzelteil-, Gruppen-, Montagezeichnungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Präsentationen</li> <li>• Zweidimensionale Skizzen und Tapings, Computer-Aided Styling, Clay-/ Hartstoffmodelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelleinsatzplan</li> <li>• Portfolioansatz</li> <li>• Produktsteckbrief</li> <li>• Eigenschaftsspiegel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporting-Werkzeuge, Tabellenkalkulationen, Dokumente aus EDV-System, wie standardisierte Statusberichte</li> </ul>
Fachsprache	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwenden relative Definitionen</li> <li>• Subjektive Begriffe, wie "Sportlichkeit", die interpretierbar sind</li> <li>• Verwenden eigenen kundennahen Fachvokabulars</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreiben Produktattribute in technisch-spezifischen Lösungen</li> <li>• Streben nach exakten Beschreibungen</li> <li>• Theoretische Begriffe, Formeln, quantifizierbare Daten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exakte Beschreibung von Objekten und Vorgängen</li> <li>• Mathematische Beschreibungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• praktisch-funktionelle und formal-ästhetische Sprache</li> <li>• Beschreiben Wirkungsweise des Produktes in Sinnzusammenhängen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Setzen Produkt in den Kontext der technischen, wirtschaftlichen, sozialen, rechtlichen und politischen Entwicklung</li> <li>• Arbeiten mit Intervallen und Szenarien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzen die Sprache der "Zahlen" (Kosten, Verkaufszahlen etc.), die die Mitarbeiter aller Funktionsbereiche verstehen</li> </ul>
Ausbild. (Disziplin)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BWL-Studium lehrt das Lösen allgemeiner Problemstellungen im Sinne des wirtschaftlichen Erfolgs des Unternehmens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techn.-wissenschaftl. Ausbildung</li> <li>• Ausgebildet im Anwenden von Methoden sowie im Aufstellen und Testen von Hypothesen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Techn.-wissenschaftl. Ausbildung und BWL</li> <li>• Ausgebildet im Anwenden von Methoden sowie im Aufstellen und Testen von Hypothesen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunsthochschulen und Akademien</li> <li>• Generalisten</li> <li>• Herangehensweisen zur Funktionalität und Originalität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betriebswirtschaftlicher Hintergrund mit Schwerpunkt in strategischem Management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökonomische, betriebswirtschaftliche Ausbildung</li> <li>• Ausgebildet im sparsamen Umgang mit Ressourcen</li> </ul>
Denk- und Arbeitsweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fokus auf Absatzmärkte und Kunden</li> <li>• Werden als aggressiv, oberflächlich, flexibel, extravertiert beschrieben</li> <li>• Akzeptieren hohes Maß an Ambiguität, Bürokratie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt-orientierte Denkweise</li> <li>• „technikverliebt“</li> <li>• Werden als vorsichtig, übergau, introvertiert und inflexibel beschrieben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weisen eine fertigungsbezogene Denkweise auf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hinterfragende Herangehensweise</li> <li>• Arbeiten in kreativen, unstrukturierten Prozesse</li> <li>• Streben subjektiv präferierte Gestaltung an</li> <li>• Arbeiten eigenständig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weisen eine produktumweltorientierte Denkweise auf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fokussieren sich auf Finanzen und Buchhaltung</li> <li>• Wählen profitabelste Alternative</li> <li>• Werden als nüchtern, risikoavers, akkurat und analytisch beschrieben</li> <li>• Arbeiten strukturiert</li> </ul>

<sup>52</sup> Dies beschreibt die sog. KEFAG-Struktur bestehend aus den Fachbereichen Karosserie (K), Elektrik/Elektronik (E), Fahrwerk (F), Antrieb (A), Gesamtfahrzeug (G). (z.B. Hab & Wagner, 2013, S. 37ff.)

<sup>53</sup> Co-betreute Abschlussarbeit

Die Beschreibungen der Rollen in Tabelle 5-4 stellen die Funktionsbereiche verkürzt dar, verdeutlichen aber das Spannungsfeld einer funktionsbereichsübergreifenden Zielsystemerstellung. Der Fachbereich Package, als Teil des Funktionsbereichs F&E, ist z.B. zuständig für die Entwicklung eines konsistenten Gesamtfahrzeugkonzepts in der Frühen Phase der PGE. Dieser Fachbereich lässt sich daher nur bedingt durch die dargestellten Merkmale des Funktionsbereichs F&E charakterisieren und nimmt unter anderem Aufgaben der Rolle Design ein.

### 5.3.3 Herausforderungen bei der funktionsbereichsübergreifenden Zielsystembildung

Für die Zielsystembildung ist der fachbereichsübergreifende Austausch von Informationen und Wissen notwendig. KERN, SACKMANN UND KOCH geben eine Übersicht zu Wissensbarrieren (vgl. Tabelle 5-5). Die Kategorisierung bzw. Klassifizierung dieser Barrieren zeigt, dass neben technikbezogenen insbesondere individuelle, zwischenmenschliche und organisationsbezogene Barrieren zu betrachten sind.

Tabelle 5-5: Wissensbarrieren in der organisationalen Zusammenarbeit nach KERN ET AL. (2009)

Kategorie/Klasse	Wissensbarriere (Beispiele)	
Technische Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzerfreundlichkeit von IT-Systemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unzureichende IT-Infrastruktur</li> <li>Qualifikationsdefizite</li> </ul>
Individuelle Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kommunikationsprobleme</li> <li>Mangelnde Netzwerkfähigkeit</li> <li>Ablehnung fremden Wissens</li> <li>Vertrauen in Wissensquelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Negative Lernerfahrung</li> <li>Konkurrierende Ziele</li> <li>Fehlende Motivation</li> </ul>
Zwischenmenschliche Barrieren und Gruppenprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mangelndes Vertrauen</li> <li>Sprachliche Barrieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unklares Rollenverständnis</li> <li>Räumliche Trennung</li> </ul>
Organisationsbezogene Barrieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datenschutz und Geheimhaltung</li> <li>Strenge Hierarchien</li> <li>Bürokratie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kultur (Wissenszurückhaltung)</li> <li>Schnittstellenproblematik</li> <li>Unklare Projektziele</li> </ul>

Die Fallstudie von KOHN (2006) untersucht ein Unternehmen der Automobilbranche und bemängelt dabei die funktionsbereichsinterne Erarbeitung der Produktziele, da jeder Funktionsbereich lediglich auf Basis seiner eigenen spezifischen Perspektiven arbeitet, sodass eine übergreifende Perspektive fehlt. Dieser Konflikt lässt sich anhand der Zusammenarbeit zwischen den Funktionsbereichen Marketing und F&E verdeutlichen. Das Marketing formuliert Ziele oftmals relativ, wie z.B. „beste Leistung im Vergleich zum Wettbewerb“. Gestützt werden solche Definitionen oftmals durch Attribute wie „Sportlichkeit“. Der F&E-Bereich betrachtet die Dokumente des Marketings meist als eine „Wunschliste“ und nicht als Produktbeschreibung. Die unkonkreten Zielformulierungen des Marketings werden selbstständig durch die F&E unter Berücksichtigung der technischen Rahmenbedingungen zu Anforderungen

konkretisiert. Rücksprachen zwischen den Bereichen finden nur bedingt statt. Die Gefahr dabei ist, dass die F&E-Mitarbeiter die durch das Marketing formulierten Ziele – wie z.B. Sportlichkeit – nicht entsprechend ihres ursprünglichen Verständnisses auslegen. Dieses exemplarische Beispiel verdeutlicht KOHNS generelle Kritik, dass die einzelnen Funktionsbereiche die erarbeiteten Objekte und Dokumente zu wenig untereinander abgleichen, um Lücken oder Widersprüche zu identifizieren (Kohn, 2006). Das Beispiel zeigt außerdem, dass die Funktionsbereiche Marketing und F&E in verschiedenen Detailierungsgraden arbeiten. Das Marketing ist deutlich unspezifischer und konzeptioneller in seinen Zielbeschreibungen im Vergleich zum lösungsorientierten F&E-Bereich. Oftmals werden diese Konflikte aufgrund eines abweichenden Detaillierungsgrads der Zielformulierung erst bei einem direkten Aufeinandertreffen der Funktionsbereiche deutlich (Kohn, 2006). Nicht nur unterschiedliche Zielbeschreibungen führen zu Herausforderungen, sondern auch unterschiedliche interne Annahmen für die Zielbildung, welche nicht funktionsbereichsübergreifend abgestimmt werden. Dies resultiert nicht zuletzt aus einer Fokussierung der fachbereichsspezifischen Themen, anstatt der Erarbeitung eines gemeinsamen, bereichsübergreifenden Zielsystems (vgl. Abbildung 5-11) (Kohn, 2006).

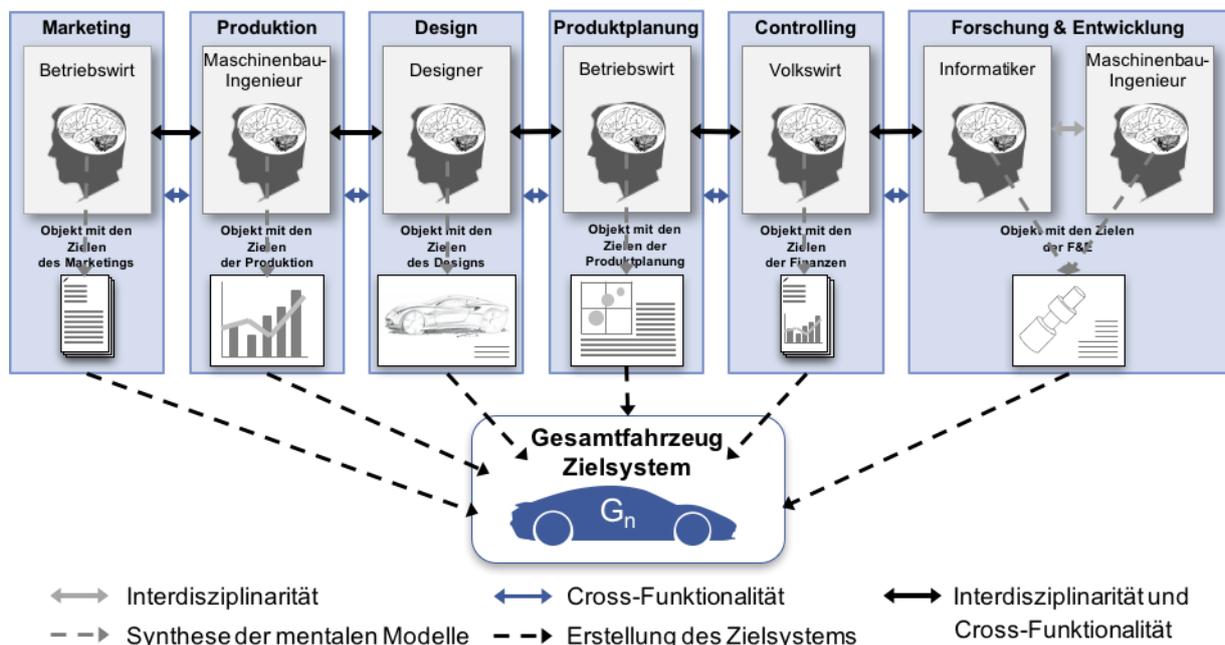


Abbildung 5-11. Zusammenhänge in der cross-funktionalen Zielsystembildung im Modell der PGE nach LACHENIT (2016)<sup>54</sup>

<sup>54</sup> Co-betreute Abschlussarbeit

Das Beispiel verdeutlicht, dass der automobiler Zielbildungsprozess cross-funktional stattfindet, da einzelne Funktionsbereiche bei der Erstellung ihrer Ziele auf die der anderen Funktionsbereiche zurückgreifen müssen, jedoch die einzelnen Bereiche für sich isoliert arbeiten.<sup>55</sup> Abbildung 5-11 zeigt diesen Zusammenhang anhand der Rollen aus Abschnitt 5.3.2 auf und hebt den Unterschied zwischen cross-funktionaler und interdisziplinärer Zusammenarbeit hervor. Außerdem wird der Syntheseprozess zur funktionsbereichsinternen Zielbildung sowie die Kommunikation der fachbereichsspezifischen Inhalte über die entsprechenden Objekte skizziert.

Aus der Charakterisierung der Rollen in Abschnitt 5.3.2 sowie dem von KOHN geschilderten Fallbeispiel lassen sich bereits Herausforderungen und Barrieren in der Zusammenarbeit bei der initialen Zielbildung identifizieren. Tabelle 5-6 zeigt basierend auf einer umfassenden Literaturrecherche eine strukturierte Zusammenfassung der Barrieren, ihre Begründungen sowie daraus resultierende Konflikte.

Tabelle 5-6: Barrieren der cross-funktionalen Zusammenarbeit nach BROCKHOFF (1989, S. 43), GERPOTT (1991, S. 36f), EURINGER (1995, S. 21), GRIFFIN & HAUSER (1996, S. 196ff.), SONG, MONTOYA-WEISS & SCHMIDT (1997, S. 38), SHAW, SHAW & ENKE (2003, S. 490) und TATARCZYK (2009, S. 113)

Barrieren	Begründung	Resultierende Konflikte
Organisatorische Verantwortlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielkonflikte</li> <li>• Unterschiedliche Zeit- und Planungshorizonte</li> </ul>	Konflikte zwischen den einzelnen Funktionsbereichen
Denk- und Arbeitsweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersch. Verständnis von Zielen, Kompromissen und Lösungen</li> <li>• Unterschiedliche Arbeitsweisen</li> </ul>	Mangelndes Verständnis und geringe Wertschätzung
Persönlichkeitsprofile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiedliche Stereotype aufgrund verschiedener Ausbildungen</li> </ul>	Vorurteile und Misstrauen
Fachsprache	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiedliche Fachbegriffe und Definitionen für Begriffe</li> <li>• Variierende Detaillierungstiefe</li> </ul>	Mehrdeutigkeit, Verständigungsprobleme und Konflikte
Materialisierung der Objekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiedliche Materialisierung der Objekte sowie mangelnde Kompatibilität und Vergleichbarkeit</li> </ul>	Erschwerter Informationsaustausch und Verständigungsprobleme
Physische Barriere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physische Entfernung der Funktionsbereiche aufgrund der Unternehmensgröße</li> </ul>	Verfestigt Denkweisen und verstärkt Fachsprachen

Eine Interviewstudie am Beispiel der Verteilung von Informationen zu Kunden und Kundenanforderungen unterstützt die Erkenntnisse aus der Literatur (Eberhardt, 2014).<sup>56</sup> Dabei wurden 15 Mitarbeiter des Entwicklungsressorts der Porsche AG aus unterschiedlichen Fachbereichen befragt. Daraus geht hervor, dass konkurrierende Ziele von Fachbereichen und Ressorts ein Hauptproblem bei der Verteilung von Wissen ist. Probleme liegen jedoch nicht nur in der Verteilung, sondern auch in der Nutzung von Informationen und Wissen. Ein Aspekt hierbei ist das mangelnde

<sup>55</sup> vgl. Abschnitt 2.4.3.2

<sup>56</sup> Co-betreute Abschlussarbeit

Vertrauen in die Wissensquelle. Auch Zeitmangel ist ein Grund für die Ablehnung fachfremder Informationen.

## 5.4 Kundenorientierung in der Zielsystembildung

Auch Automobile werden nur dann von Kunden gekauft, wenn die Eigenschaften und Funktionen einen Kundennutzen versprechen, der die Kosten überragt (Kotler & Bliemel, 1999, S. 49; Meyer, Kantsperger & Schaffer, 2006, S. 74.; Lüthje, 2007). Aus diesem Grund ist es essenziell, entsprechende Kundenanforderungen frühzeitig zu berücksichtigen. In diesem Abschnitt wird auf Basis von Literaturrecherchen, beobachtenden Studien sowie fragebogengestützten Interviews zum einen die Relevanz einer kundenorientierten Fahrzeugentwicklung erläutert und zum anderen methodische Ansätze in der Automobilentwicklung diskutiert. Abschließend werden die Grundlagen einer eigenschaftsorientierten Fahrzeugentwicklung erläutert.

### 5.4.1 Relevanz der Kundenorientierung in der „Frühen Phase“

Kunden sind eine zentrale Quelle für Anforderungen, auch wenn zukünftige Bedürfnisse sich nur schwer prognostizieren lassen.<sup>57</sup> Auch die Literatur zeigt umfassend, dass Kundenorientierung einen zentralen Erfolgsfaktor für zukünftige Produkte darstellt.<sup>58</sup> Auch ALBERS, HEITGER ET AL. (2018b) heben die Relevanz des Kunden- bzw. Anbieternutzens im Produktprofil hervor. Eine fragebogengestützte Interviewstudie im Entwicklungsressort der Porsche AG mit 15 Teilnehmern unterschiedlicher Hierarchieebenen und Fachbereiche bestätigt die Relevanz des Kunden bei der Anforderungsdefinition ebenfalls (vgl. Abbildung 5-12).

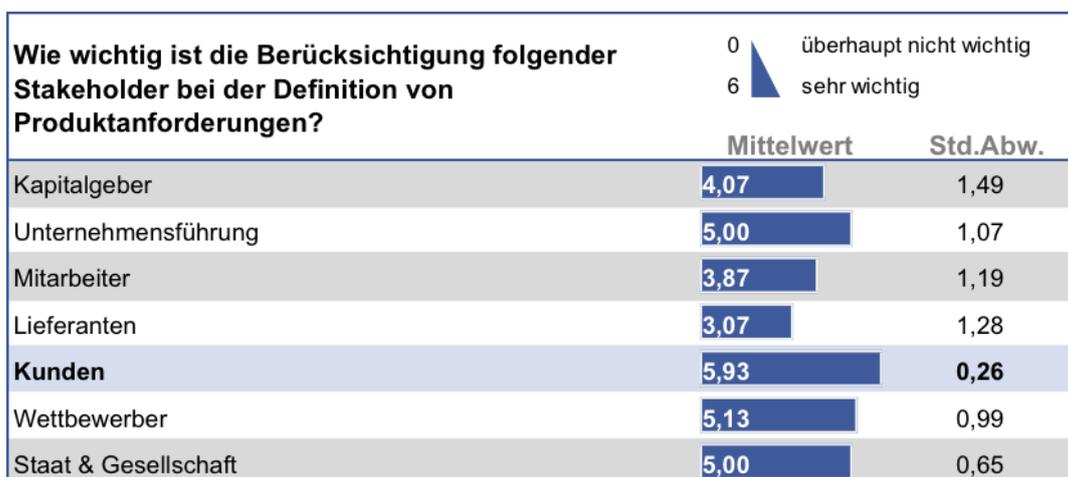


Abbildung 5-12: Relevanz von Stakeholdern für die Anforderungsdefinition nach EBERHARDT (2014)<sup>59</sup>

<sup>57</sup> vgl. Abschnitt 5.3.1

<sup>58</sup> vgl. auch Abschnitt 2.2.1

<sup>59</sup> Co-betreute Abschlussarbeit

Neben der Relevanz von Kundenanforderungen im Rahmen der Zielsystembildung zeigt die Fragebogenstudie auch, dass in der Entwicklung Bedarf besteht noch mehr über den Kunden und seine Bedürfnisse zu wissen (vgl. Abbildung 5-13).

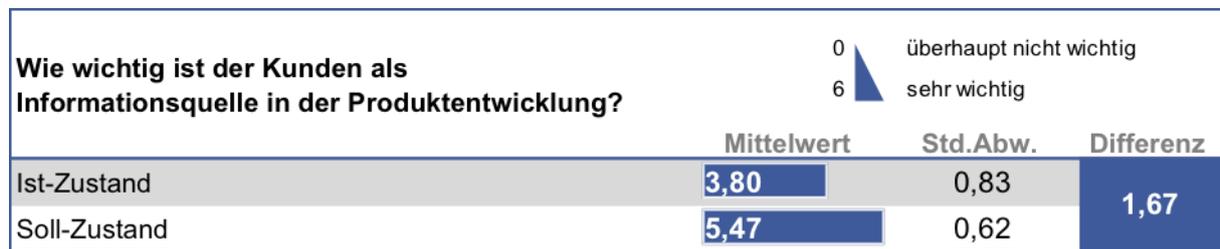


Abbildung 5-13: Relevanz von Kundeninformationen für die Produktentwicklung nach EBERHARDT (2014)<sup>60</sup>

### 5.4.2 Eigenschaftsorientierte Automobilentwicklung

Im Automobilentwicklungsprozess kommen unterschiedliche Ansätze und Methoden zur Anwendung, welche den Produktdefinitions- und damit verbundenen initialen Zielbildungsprozess unterstützen sollen. Eine etablierte Methode ist das *QFD – Quality Function Deployment*, in welchem insbesondere das House of Quality (HoQ) durch die Gegenüberstellung von Kundenanforderungen und Produktmerkmalen ein etabliertes Instrument zur „Übersetzung“ der Stimme des Kunden darstellt (Saatweber, 2016; Ehrlenspiel & Meerkamm, 2013, S. 240ff.; Akao, 1992). Auch die *Conjoint-Analyse* unterstützt die Entwickler bei der Auswahl und Gestaltung von Produktmerkmalen, indem aus der Gesamtnutzenbewertung von Fahrzeugen der Teilnutzen einzelner Merkmale abgeleitet wird (Lüthje, 2007). Eine verbreitete Methode zur Identifikation von Kundenbedürfnissen anhand realer Produkte (insbesondere Prototypen) sind *Car-Clinics*. Kern der Methode sind die Beobachtung und Befragungen von Kunden bei der Fahrzeugbenutzung (Heiss, 2009, S. 55ff.; Löffler & Einhorn, 2012). Aktuelle Trends der Entwicklungsmethodik zeigen die Abkehr einer reinen bauteilorientierten Entwicklung hin zur Anwendung von agilen, individuell anpassbaren und kundenorientierten Prozessmodellen. Ein Beispiel ist das *Design Thinking*, in welchem Produktlösungen zu bekannten Problemen und unerfüllten Kundenbedürfnissen (sog. Inspirationsquellen für Lösungen) in einem iterativen Prozess gesucht werden (Meinel & Thienen, 2016). Der Fokus des damit verbundenen Methodensets liegt auf dem schnellen Einholen von Kundenfeedback auf Grundlage erster Prototypen sowie der Vernetzung von Produktentwicklern, Managern und Vertretern weiterer Disziplinen (Plattner, Meinel & Leifer, 2011, S. 21ff.). Auch ALBERS ET AL. (2018a) greift im Ansatz des *ASD – Agile Systems Design* die Anforderungen an eine agile Produktentwicklung

<sup>60</sup> Co-betreute Abschlussarbeit

auf und überführt sie in ein generisches Modell, welches wiederum eine Grundlage für die gezielte Methodenentwicklung bildet.

Ein Ansatz zur kundenorientierten Planung, Prüfung und Steuerung von Fahrzeugentwicklungsprozessen stellt die Eigenschaftsorientierung dar.<sup>61</sup> Dieser Ansatz nutzt eine lösungsoffene Produktbeschreibung, welche die kundenerlebbar Dimensionen eines Fahrzeugs fokussiert.<sup>62</sup> Eine unter 31 Experten, aus der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt sowie des Maschinen- und Anlagebaus durchgeführte Untersuchung hat gezeigt, dass neben der etablierten Beschreibung von technischen Systemen und deren Abhängigkeiten in der Entwicklungspraxis insbesondere die Betrachtung der Produkteigenschaften als sinnvoll erachtet wird. Laut der Experten ist der Grund hierfür die stärkere Orientierung am späteren Kundennutzen, wodurch Produkte unabhängig von der Realisierung durch technische Systeme beschrieben werden können. Die Befragung fand im Rahmen eines Expertenforums zum Systems Engineering statt. Die Befragung erfolgte mithilfe eines interaktiven Abstimmungs-Tools. Hierbei mussten Aussagen bewertet werden, deren Ergebnisse im Anschluss unter unabhängiger Moderation diskutiert wurden (Albers, Heitger et al., 2018c).

Ein eigenschaftsorientierter Entwicklungsprozess lässt sich durch drei Phasen charakterisieren: Zu Beginn wird im Rahmen der Eigenschaftsdefinition (Wiedemann, 2013, S. 5) das Eigenschaftsziel beschrieben. Im Verlaufe des Entwicklungsprozesses werden diese Ziele im Rahmen des Eigenschafts-Monitorings kontinuierlich mit der technischen Realisierung abgeglichen. Am Ende des Produktentwicklungsprozesses wird das Gesamtfahrzeug hinsichtlich der Erreichung der Eigenschaftsziele bewertet und freigegeben. Der Eigenschaftsprozess verläuft damit als Teil der Produktentstehung parallel zum Produktentwicklungsprozess PEP (vgl. Abbildung 5-14). Insbesondere die Eigenschaftsdefinition ist zentraler Bestandteil der Frühen Phase der PGE. Essenziell ist, dass auch die Definition von Teilsystemen mit der Eigenschaftsdefinition auf der Gesamtfahrzeugebene harmonisiert wird.



Abbildung 5-14: Eigenschaftsprozess im Modell der PGE

<sup>61</sup> teilweise auch Eigenschaftsplanung genannt (vgl. z.B. Wiedemann, 2013)

<sup>62</sup> analog der Definition „kundenerlebbar Produkteigenschaften“ im Abschnitt 2.1.3.2

Der Eigenschaftsdefinition kommt im Rahmen der Zielsystembildung eine wichtige Rolle zu. Ergebnis der Eigenschaftsdefinition ist das Eigenschaftsprofil, welches das Fahrzeug aus Sicht des Kunden charakterisiert. Das Eigenschaftsprofil setzt sich dabei aus Eigenschaften und den jeweiligen Ausprägungen zusammen. Die Grundlage des Eigenschaftsprofils bildet eine im Unternehmen standardisierte Eigenschaftsstruktur, welche die Produkteigenschaften unter Verwendung mehrerer Ebenen hierarchisch aufbaut und nach inhaltlicher Verwandtschaft sortiert. In der Automobilindustrie ist eine Unterscheidung in Eigenschaften erster, zweiter und teilweise dritter Ordnung üblich (Schulte-Henke, 2007, S. 128; Schirmer, 1990). Markenspezifische, standardisierte Eigenschaftsstrukturen fördern die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Fahrzeugprojekten. Visualisierungen von Eigenschaftsprofilen erfolgen oftmals auf Basis von Netzdiagrammen (Eigenschaftsspinnen) oder Polaritätsdiagrammen (vgl. Abbildung 5-15).

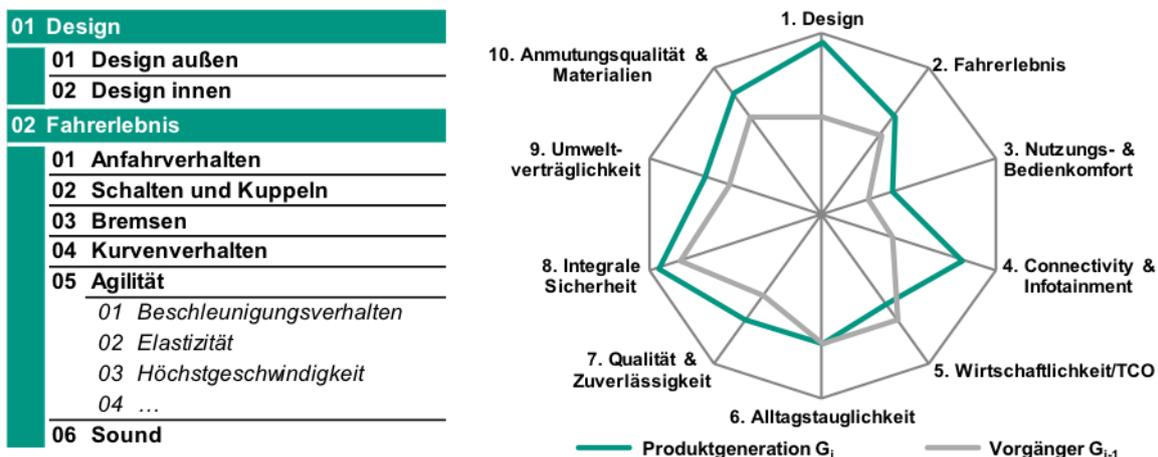


Abbildung 5-15: Auszug aus einer Eigenschaftsstruktur (links) und exemplarisches Beispiel für eine Eigenschaftsspinne (rechts) im Modell der PGE nach WIEDEMANN (2013, S. 6) und BRAESS & SEIFFERT (2013, S. 886)

Im Eigenschaftsprofil wird die Positionierung der Produktgeneration gegenüber Referenzprodukten, wie z.B. Vorgänger- oder Wettbewerbsfahrzeugen, beschrieben, um daraus entsprechende technische Handlungsfelder abzuleiten. Für die Beschreibung der Positionierung können verschiedene Skalen und Skalenniveaus genutzt werden. Grundsätzlich werden die Ausprägungen im Eigenschaftsprofil ordinal skaliert – im Sinne besser oder schlechter als das Referenzprodukt – mit entsprechenden Abstufungen (z.B. besseres Kurvenverhalten als Vorgänger, viel bessere Höchstgeschwindigkeit als Wettbewerber XY). Insbesondere bei Positionierungen gegenüber dem Wettbewerb werden Rankings zur Positionierung genutzt (z.B. „bester seiner Klasse“ (Best in Class – BIC) im Bremsverhalten oder unter den TOP3 seiner Klasse im Beschleunigungsverhalten). Die Detaillierung von Eigenschaften führt teilweise zu einem sehr engen Bezug mit objektivierbaren Kenngrößen, welche sich mitunter in metrischen Skalen abbilden lassen. Diese lassen

dann eine quantifizierbare Differenzierung gegenüber dem Referenzprodukt zu (z.B. Verbesserung der Beschleunigung von 0 auf 100 km/h um 0,2 Sekunden) oder, sofern eine Verhältnisskala vorliegt, sogar prozentuale Positionierungen (z.B. 10% mehr Kofferraumvolumen als Vorgänger). Es gibt jedoch auch Eigenschaften, die sich durch einen besonders hohen Subjektivanteil auszeichnen<sup>63</sup> und bei denen eine Objektivierbarkeit nur begrenzt möglich ist (z.B. Design). Diese lassen sich lediglich auf einer Nominalskala abbilden (z.B. puristisch). Bei der Positionierung anhand dieser Eigenschaften wird auch von einer *charakterlichen Differenzierung* gesprochen.

Für die Bewertung der Erreichung von Eigenschaftszielen lassen sich ebenfalls Skalen entwickeln. WIEDEMANN gibt ein Beispiel für eine entsprechend praxisnahe Bewertungsskala (vgl. Tabelle 5-7).

Tabelle 5-7: Bewertungsskala für Fahrzeugeigenschaften nach WIEDEMANN (2013, S. 9)

	Note	Bewertung	Mängel
annehmbär	10	ausgezeichnet	nicht wahrnehmbar
	9	sehr gut	kaum wahrnehmbar
	8	gut	äußerst gering
	7	ausreichend	sehr gering
	6	annehmbär	gering
Grenzfall	5	Grenzfall	gut wahrnehmbar
Nicht annehmbar	4	Kundenbeschwerde	unangenehm, Verbesserung erforderlich
	3	schlecht	nicht akzeptabel, Bauteil fehlerhaft
	2		nicht akzeptabel, Bauteil bedingt funktionsfähig
	1		nicht akzeptabel, Bauteil ohne Funktion

BIRKHOFER sieht die strukturierte Definition von Eigenschaften als essentiell an, um erfolgreiche, am Kundennutzen ausgerichtete Produkte herstellen zu können. Er hält insbesondere die Wissenslücken zu Beginn der Konstruktion über Ursachen-Wirkungs-Beziehungen der Produkteigenschaften als wesentliche Argumentation der intensiven Betrachtung der Eigenschaftsdefinition (Birkhofer & Wäldele, 2009). Dies ist auf den lösungsoffenen Charakter der Eigenschaften zurückzuführen, denn bei der Definition von wesentlichen Eigenschaften wird sich von einer möglichen technischen Umsetzung zunächst distanziert.

Die Eigenschaftsdefinition ermöglicht damit die Verknüpfung des Profilverständnisses nach ALBERS mit dem Modell der PGE. Der Kunden- bzw. Anbieternutzen des Produktprofils lässt sich durch Produkteigenschaften lösungsoffen modellieren. Gleichzeitig stellt das Eigenschaftsprofil den Bezug zu Referenzprodukten im Modell

<sup>63</sup> vgl. Abschnitt 2.1.3.2

der PGE her. Auf dieser Grundlage lässt sich die lösungsoffene Modellierung des Kunden- bzw. Anbieternutzens durch Differenzierungsziele mit der lösungsspezifischen Variation von Teilsystemen gemäß dem Modell der PGE in Bezug setzen.

### **5.5 Fazit: Anforderungen an die methodische Unterstützung**

Die detaillierte Untersuchung der Aktivitäten der Frühen Phase der PGE im automobilen Entwicklungsprozess zeigt, dass die Dauer und der Umfang initialer Zielbildungsaktivitäten projektspezifisch variieren. Der Grad an Strukturierung in dieser Entwicklungsphase ist grundsätzlich geringer als in folgenden Phasen des Produktentwicklungsprozesses und Ressourcen stehen nur begrenzt zur Verfügung. Die Aufmerksamkeit des Top-Managements ist im Vergleich zu späteren Entwicklungsphasen ebenfalls verhältnismäßig gering. Eine methodische Unterstützung sollte daher flexibel auf die Entwicklungssituationen reagieren können und grundsätzlich aufwandsarm sein, was unter anderem durch die Nutzung bestehender Organisationsstrukturen realisiert werden kann, bei gleichzeitig minimaler Einbindung des Top-Managements.

Die vertiefende Analyse des Zielbildungsprozesses zeigt, dass Informationen aus Referenzprodukten, sowohl lösungsoffene als auch lösungsspezifische, von großer Bedeutung für die zu entwickelnde Produktgeneration sind. Insbesondere interne Referenzprodukte, z.B. Vorgängergenerationen oder auch aktuelle Entwicklungsgenerationen, bilden eine wichtige Wissensbasis für die Zielbildung. Ziele in der Frühen Phase der PGE sind sehr heterogen und werden teilweise stark durch technische Randbedingungen wie bestehende Produktionsanlagen oder Baukästen eingeschränkt. Diese Aspekte stellen Anforderungen an die methodische Unterstützung.

Die weiteren Analysen haben gezeigt, dass die Quellen für Ziele, Anforderungen und Randbedingungen hinsichtlich der mit ihnen verbundenen Unsicherheit und ihrem Abstraktionsgrad variieren. Zur möglichst umfassenden Abbildung des Zielsystems sollten dennoch frühzeitig relevante Quellen berücksichtigt werden. Die Informationen hierzu liegen im Unternehmen verteilt und nicht überschneidungsfrei vor. Sub-Ziele der einzelnen Funktionsbereiche führen zu einem cross-funktionalen Verständnis der Zielbildung in der Frühen Phase der PGE. Methodisch sollte daher eine Abstimmung von Zielsysteminhalten über die Organisationsgrenzen hinweg optimal unterstützt werden.

Abschließend wurde durch die Analyse der Kundenorientierung in der Frühen Phase der PGE im automobilen Entwicklungsprozess die Notwendigkeit für eine weitere methodische Unterstützung bestätigt. Eine Möglichkeit, um Entwicklungsaktivitäten systematisch an Kundenanforderungen auszurichten, stellt die eigenschaftsorientierte

Produktentwicklung dar. Die Eigenschaftsdefinition bildet dabei die Grundlage für die Verknüpfung lösungsoffener Inhalte des Produktprofils, wie dem Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen, mit der lösungsspezifischen Realisierungsebene durch Teilsysteme, wie im Modell der PGE beschrieben. Dieser Aspekt stellt im Rahmen der Ausarbeitung eine zentrale Grundlage für die methodische Unterstützung dar.

Zusammenfassend lassen sich mit diesen Erkenntnissen die Anforderungen an eine methodische Unterstützung der initialen Zielsystembildung im Kontext der Automobilentwicklung konkretisieren. Abbildung 5-16 fasst die Analyseergebnisse und die daraus resultierenden Anforderungen zusammen.



Abbildung 5-16: Zusammenfassung der Anforderungen an die methodische Unterstützung



## 6 Unterstützung der initialen Zielsystembildung in der Automobilentwicklung auf Basis des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Basierend auf den Anforderungen an die methodische Unterstützung des Zielbildungsprozesses in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung in der Automobilentwicklung aus Kapitel 5 wird in diesem Kapitel ein *Referenzprozess* entwickelt. Im Kontext der Abstraktionsgrade des integrierten Produktentstehungsmodells – iPeM entspricht dies einem *Produktspezifischen Muster* (Abbildung 6-1 links).<sup>64</sup> Es werden außerdem kontextspezifische Werkzeuge erarbeitet, welche entsprechende Aktivitäten im Rahmen des Prozesses unterstützen. Den methodischen Rahmen bildet das Profilverständnis nach ALBERS, welches sich aus dem systemischen Ansatz eines frühen, ganzheitlichen Produktverständnisses begründet. Basierend auf dem Verständnis der kundenerlebbar Produkteigenschaften wird ein *Referenzproduktmodell* eingeführt, welches die Verknüpfung lösungsoffener und lösungsspezifischer Zielsystemelemente im Modell der PGE ermöglicht, und damit den Kunden- bzw. Anbieternutzen<sup>65</sup> projektspezifisch zu modellieren, ohne den Lösungsraum mehr als notwendig einzuschränken. Das Referenzproduktmodell lässt sich gemäß Abbildung 6-1 (rechts) im Produktmodellierungs-Framework verorten.<sup>66</sup>

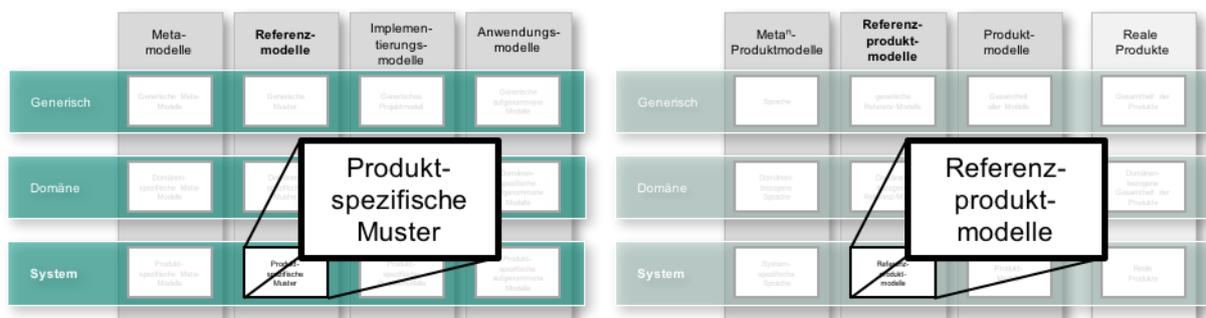


Abbildung 6-1: Referenzprozess in den Abstraktionsgraden des iPeMs (links) und Referenzproduktmodell im Produktmodellierungs-Framework (rechts)<sup>67</sup>

<sup>64</sup> vgl. Abschnitt 2.3.2.3

<sup>65</sup> Im Kontext dieser Arbeit können Kunden- und Anwendernutzen synonym verwendet werden, da der OEM das Gesamtfahrzeug für den Anwender, also den Endkunden produziert. Ausnahmen bilden bspw. Flottenbetreiber oder Car-Sharing Dienste, welche jedoch keinen Untersuchungsgegenstand in dieser Arbeit bilden.

<sup>66</sup> vgl. Abschnitt 2.1.3.1

<sup>67</sup> vgl. Abschnitt 2.3.2.3 und Abschnitt 2.1.3.1

## 6.1 Produktprofil nach ALBERS als methodischer Rahmen

Die Deskriptive Studie I in Kapitel 5 zeigt, dass die Berücksichtigung der Mitarbeiter aus verschiedenen organisationalen Funktionsbereichen von entscheidender Bedeutung bei der Zielsystemerstellung ist. Insbesondere der Entwickler nimmt im Rahmen einer menschenzentrierten Produktentwicklung mit seinem Wissen und seinen Fähigkeiten eine Schlüsselrolle ein (Lohmeyer, 2013, S. 1). Die zunehmende Komplexität des mechatronischen Produktes Automobil macht ein systemisches Verständnis des Gesamtfahrzeugs unabdingbar. Die nach wie vor steigende Vernetzung innerhalb des Fahrzeugs, aber auch des Fahrzeugs mit seiner Umwelt, führt zu großen Herausforderungen bei der Zielsystembildung, nicht zuletzt aufgrund der damit verbundenen fachbereichsübergreifenden Schnittstellen. Das systemische und fachbereichsübergreifende Verständnis des Zielsystems ist daher mehr denn je für dessen Akzeptanz erforderlich. Neben der damit verbundenen Effizienz des Produktentwicklungsprozesses auf Basis eines gemeinsamen, konsistenten Zielsystems ist vor allem die Effektivität maßgeblich durch das Zielsystem bestimmt. Wie das Verständnis des Innovationsbegriffs in diesem Zusammenhang zeigt,<sup>68</sup> ist die Marktdiffusion entscheidender Bestandteil für den Erfolg einer Produktgeneration – nicht der alleinige Neuigkeitsgrad eines Produktes.

Das Produktprofil nach ALBERS beschreibt einen ganzheitlichen Ansatz zur Definition einer neuen Produktgeneration. Wie bereits im Stand der Forschung erläutert, beschreibt das Produktprofil ein Nutzenbündel, das den angestrebten Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen für die Validierung zugänglich macht und den Lösungsraum für die Entwicklung einer Produktgeneration vorgibt.<sup>69</sup> Im Kontext der initialen Zielsystembildung nimmt es damit eine zentrale Funktion ein, da es die Überlegungen zur strategischen Produktfindung in eine erste, entwicklungsnahe Produktbeschreibung übersetzt. Diese aggregierte Produktbeschreibung adressiert die zentralen Elemente Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen, wodurch ein gesamthafte, systemisches Verständnis für die Produktgeneration zu Grunde gelegt wird. Das Produktprofil berücksichtigt dabei die Ziele, Anforderungen und Randbedingungen aller relevanten Stakeholder (Albers, Heitger et al. 2018b).

Das Produktprofil ermöglicht zum einen eine lösungsoffene Modellierung des Kundennutzens anhand kundenerlebbarer Produkteigenschaften sowie daraus resultierende zentrale Produktfunktionen und Anwendungsfälle für die Produktgeneration. Gleichzeitig werden bereits bekannte, lösungsspezifische Einschränkungen und Randbedingungen aufgezeigt, z.B. aufgrund strategischer Vorüberlegungen zu Kerntechnologien oder der Verwendung von Baukästen (bspw.

---

<sup>68</sup> vgl. Abschnitt 2.2.1

<sup>69</sup> vgl. Abschnitt 2.3.2

werden Motoren im Rahmen einer Antriebs-Baukastenentwicklung oftmals für mehrere Produktgenerationen im Voraus definiert). Gleichzeitig sollten jedoch potenzielle Lösungsräume durch den technischen Detaillierungsgrad nicht eingeschränkt werden. Dabei sind auch Informationen zur technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit und dem damit verbundenen Entwicklungsrisiko zu berücksichtigen (z.B. können dadurch Übernahmevariationsanteile für eine neue Produktgeneration direkt oder indirekt vorgegeben werden). Einen weiteren wichtigen Faktor bei der Modellierung von Produktprofilen stellen Referenzprodukte dar, sowohl zur Beschreibung des technischen Lösungsraums als auch bei der Identifikation notwendiger Differenzierungsziele. Das Produktprofil ermöglicht somit die frühzeitige Identifikation potenzieller Zielkonflikte, insbesondere zwischen Kunden- und Anbieternutzen. Es stellt damit den Startpunkt für die Entwicklung einer neuen Produktgeneration dar und dient gleichzeitig als Basis für die Validierung von Produktideen, -konzepten, -modellen und dem kundenfähigen Produkt (Albers, Heitger et al., 2018b).

Kundenorientierung stellt einen wichtigen Faktor bei der Entwicklung einer neuen Produktgeneration von Fahrzeugen dar, um notwendige Differenzierungsziele zu identifizieren.<sup>70</sup> Eine frühzeitige Ausrichtung und Priorisierung von Zielen und Anforderungen anhand ihres Beitrags zum Kundennutzen ist somit ein zentraler Erfolgsfaktor. Der subjektiv empfundene Nettonutzen eines Produktes ist der entscheidende Kauffaktor für den Kunden.<sup>71</sup> Empirische Studien belegen, dass eine Orientierung der Produktentwicklung an den Bedürfnissen der Kunden die Wahrscheinlichkeit für einen Markterfolg des Produktes erhöht (Kim & Wilemon, 2002; Lüthje, 2007). Das im Folgenden vorgestellte Referenzproduktmodell nutzt als Grundlage die bereits im Produktprofil beschriebenen kundenerlebbareren Produkteigenschaften zur projektspezifischen Erweiterung der standardisierten Eigenschaftsstrukturen aus der automobilen Praxis. Der im Anschluss vorgestellte Referenzprozess basiert auf einem ganzheitlichen, systemischen Verständnis des Zielsystems – wie durch das Produktprofil gefordert – und bildet die Grundlage für eine gezielte methodische Unterstützung der unsicherheitsbehafteten Frühen Phase der PGE. Grundlage bildet dabei der Kundennutzen, welcher auf Basis kundenerleubarer Produkteigenschaften modelliert werden kann. Dieser Ansatz begründet sich aus der Annahme, dass eine am Kundennutzen ausgerichtete Modellierung des Zielsystems den interdisziplinären Austausch fördert und damit die cross-funktionale Zielbildung unterstützt.

---

<sup>70</sup> vgl. Abschnitt 5.4

<sup>71</sup> vgl. Abschnitt 5.4

## 6.2 Referenzproduktmodell des Kundennutzens

In diesem Abschnitt wird ein Referenzproduktmodell als Teil des PGE-Modells eingeführt, welches die Modellierung unterschiedlicher Konkretisierungsgrade von Kundenanforderungen und den damit verbundenen Inhalten des initialen Zielsystems ermöglicht. Zunächst wird hierfür ein Produktmodell eingeführt, welches sowohl lösungsoffene als auch lösungsspezifische Elemente des Gesamtfahrzeugs aus unterschiedlichen Referenzprodukten berücksichtigt und damit das Referenzsystem<sup>72</sup> im Modell der PGE für die Zielsystembildung strukturiert. Dies ermöglicht die Zuordnung von Kunden- und Anbieternutzen im initialen Zielsystem des Gesamtfahrzeugs. Der Kundennutzen soll möglichst lösungsoffen modelliert werden. Die Basis für das hieraus resultierende Referenzproduktmodell sind die in der Automobilentwicklung etablierten Eigenschaftsstrukturen, welche in das Erklärungsmodell der PGE überführt werden und damit generisch bei der Entwicklung neuer Produktgenerationen Anwendung finden können.

### 6.2.1 Produktmodell zur Strukturierung der Zielsystembildung im Modell der PGE

Über den Erfolg des Produkts entscheidet der Kunde durch seinen wahrgenommenen (Mehr-)Nutzen gegenüber Alternativprodukten. *Kundenerlebbare Produkteigenschaften* beschreiben das Verhalten des technischen Gesamtsystems aus Sicht des Kunden bzw. Anwenders. Sie ermöglichen (ähnliche) Produkte miteinander zu vergleichen und damit Produktdifferenzierung zu beschreiben.<sup>73</sup> Anforderungen auf dieser Ebene des Zielsystems sind häufig *lösungsoffen* formuliert (z.B. die Produktgeneration soll die beste Beschleunigung seiner Klasse haben) und geben damit keine konkreten Vorgaben für die technische Realisierung. Es gibt jedoch auch vom Kunden geforderte Gestalteigenschaften, welche direkt durch den Kunden wahrgenommen werden, bei denen also die Gestalt selbst den Zweck des Teilsystems darstellt (z.B. das Design der Felgen). Hieraus resultieren teilweise konkretere Anforderungen an die technische Realisierung (z.B. das zu verwendende Fertigungsverfahren). Die Trennung zwischen einer geforderten und einer resultierenden Gestalteigenschaft, z.B. aufgrund funktionaler Anforderungen, ist dabei jedoch nicht trennscharf und kontextabhängig.<sup>74</sup> Das in Abbildung 6-2 dargestellte Produktmodell zeigt den Zusammenhang zwischen kundenerlebbaren Produkteigenschaften, Produktfunktionen sowie technischen Teilsystemen und verdeutlicht diese anhand eines Beispiels aus der Fahrwerksentwicklung.

---

<sup>72</sup> vgl. Abschnitt 2.2.2

<sup>73</sup> vgl. Abschnitt 2.1.3.2

<sup>74</sup> z.B. die Aufbauform kann aufgrund der geforderten Gestalt (bspw. flache Silhouette) oder der funktionalen Anforderung (bspw. „großer Kofferraum“ bei einem Kombi) resultieren

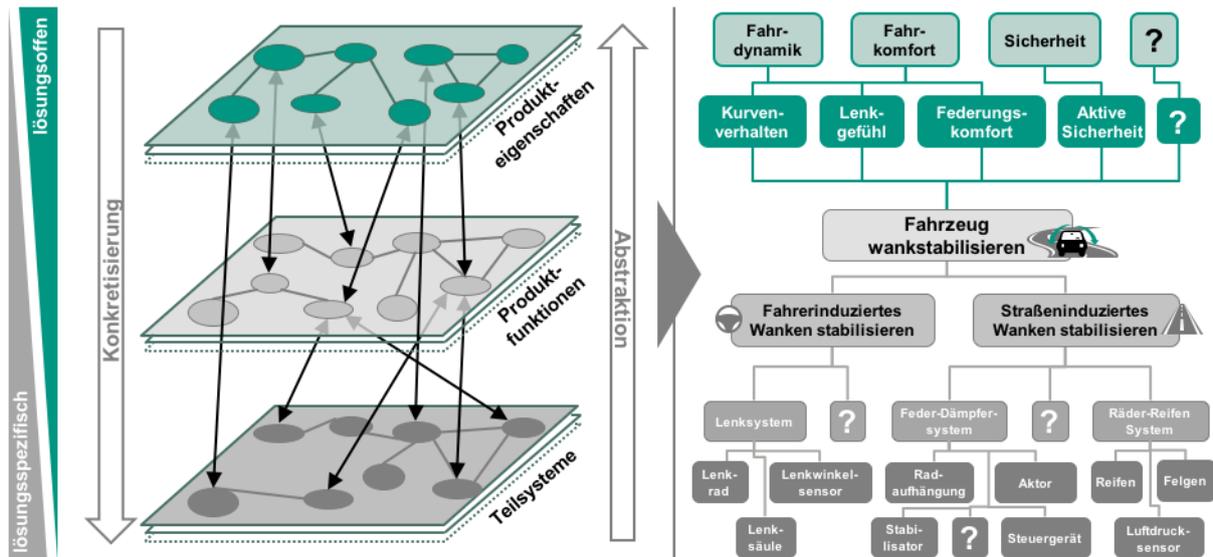


Abbildung 6-2: Produktmodell zur Strukturierung des Zielsystems im Modell der PGE nach ALBERS, HEITGER ET AL. (2018c)

Im Sinne einer systematischen PGE – Produktgenerationsentwicklung werden gezielt Teilsysteme aus Referenzprodukten übernommen. Dies entspricht einer *lösungs-spezifischen* Perspektive im Kontext der Zielsystembildung. Aufgrund der Übernahme von Komponenten und Bauteilen werden Eigenschaften für Teilsysteme definiert, welche die Gesamtfahrzeugeigenschaften beeinflussen (z.B. die Übernahme eines verfügbaren Bremssystems aus einem Baukasten bedingt das Bremsverhalten des Gesamtfahrzeugs). Hierbei sind sehr spezifische Informationen zu Teilsystemen, ihrem Verhalten, aber häufig auch zu den Wechselwirkungen mit anderen Teilsystemen und den Auswirkungen auf kundenerlebbarere Produkteigenschaften zu berücksichtigen. Produktfunktionen übernehmen im Kontext der Zielsystembildung zwei zentrale Aufgaben: Einerseits konkretisieren sie Eigenschaftsziele (z.B. Verbesserung des Federungskomforts (Eigenschaft) durch die Produktfunktion „Fahrzeug wankstabilisieren“), andererseits abstrahieren Produktfunktionen Eigenschaftsauswirkungen von Teilsystemen (z.B. durch Verwendung der Radaufhängung aus dem Vorgänger kann keine aktive Wankstabilisierung realisiert werden). Je nach Perspektive sind Produktfunktionen lösungs-spezifisch oder lösungs-offen. Sie übernehmen damit eine Moderationsfunktion. Die konsequente Ableitung von Anforderungen aus den kundenerlebbareren Produkteigenschaften an Produktfunktionen und wiederum an technische Teilsysteme kann als *Konkretisierung* in der Zielbildung verstanden werden. Die Bewertung von Variationen der technischen Teilsysteme hinsichtlich der Auswirkungen auf Produktfunktionen und die korrespondierenden kundenerlebbareren Produkteigenschaften entspricht dann einer *Abstraktion* (Albers, Heitger et al., 2018c).

Eine Herausforderung in der Produktentwicklung ist es, die technische Lösungsfindung an den kundenorientierten Anforderungen auszurichten, das heißt unter

Berücksichtigung des Anbieternutzens ein attraktives Produkt mit entsprechender Differenzierung aus Kundensicht zu realisieren.<sup>75</sup> Für eine Beschreibung des Gesamtfahrzeugs zu Beginn des Entwicklungsprojektes sind daher beide Bestandteile von Bedeutung – lösungsoffene und lösungsspezifische.<sup>76</sup> Differenzierungsmerkmale, welche den Kunden zum Kauf des Fahrzeugs bewegen, müssen begründet und die Überlegenheit des Fahrzeugs gegenüber seinen Wettbewerbern charakterisiert werden. Gleichzeitig muss der Bezug zu den realisierenden technischen Systemen geschaffen werden, um im Sinne einer systematischen Produktgenerationsentwicklung Entwicklungsaufwände und das damit verbundene Entwicklungsrisiko frühzeitig abschätzen zu können. Diese lösungsspezifische Ebene umfasst nicht nur die technischen Systeme des Fahrzeugs und die Bewertung seiner Neuentwicklungsanteile, sondern muss auch den Bezug zu den mit der Herstellung des Produkts verbundenen Produktionssystemen oder Randbedingungen aufgrund der Nutzung von Baukästen berücksichtigen (Albers, Heitger et al., 2018c).

### 6.2.2 Modellierung des Kundennutzens anhand kundenerlebbarer Produkteigenschaften

Das Produktprofil beschreibt den Kunden- und Anwendernutzen und stellt sie zur Ableitung des Anbieternutzens mit endogenen und exogenen Randbedingungen gegenüber. Die Eigenschaftsstrukturen in der automobilen Praxis bieten eine entsprechende kundenorientierte Produktstruktur und schlagen die Unterteilung in verschiedene Ebenen von kundenerlebbarer Produkteigenschaften vor. Dies ermöglicht eine lösungsoffene Gesamtfahrzeugbeschreibung.<sup>77</sup> In der Regel kann man die Eigenschaftsstruktur in drei Ebenen unterteilen. Weitere Ebenen zur Detaillierung sind möglich, im Kontext der initialen Zielsystembildung jedoch nicht zwingend notwendig. Abbildung 6-3 illustriert die Ebenen beispielhaft.

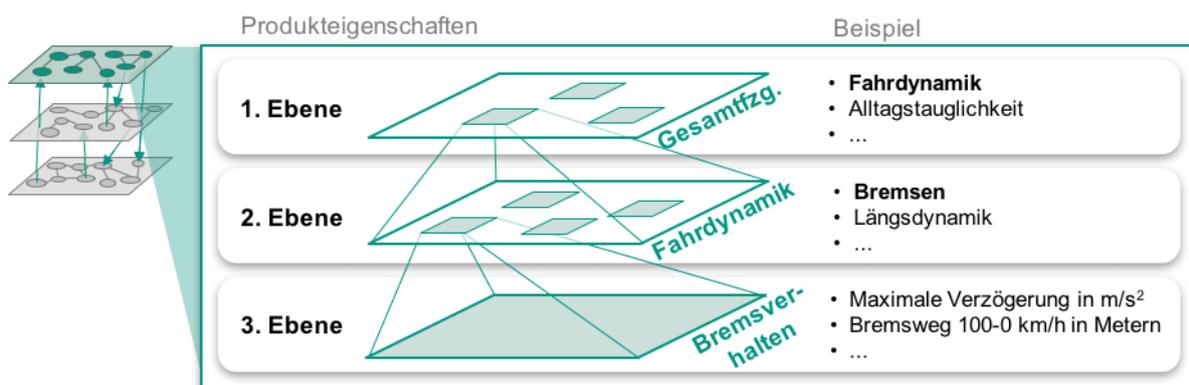


Abbildung 6-3: Referenzproduktmodell des Kundennutzens

<sup>75</sup> vgl. Abschnitt 5.4.2

<sup>76</sup> vgl. Abschnitt 5.2.2

<sup>77</sup> vgl. Abschnitt 5.4.2

Produkteigenschaften der 1. Ebene beschreiben den übergeordneten Produktcharakter. Sie strukturieren das Fahrzeug in verschiedene Eigenschaftsfelder (z.B. Fahrdynamik, Alltagstauglichkeit oder Sicherheit) und erlauben eine grobe Profilierung des Fahrzeugs – oftmals durch das zugrundeliegende Markenprofil geprägt (z.B. „Sportlichstes Fahrzeug in seinem Segment mit wettbewerbsfähiger Alltagstauglichkeit“). Der Detaillierungsgrad der 1. Ebene ist in der Regel nicht ausreichend, insbesondere um den Bezug zur lösungsspezifischen Realisierung herzustellen. Daher werden Produkteigenschaften der 2. Ebene genutzt, welche das Produktprofil der 1. Ebene konkretisieren (z.B. für das Eigenschaftsfeld Fahrdynamik: Bremsen, Beschleunigen, Kurvenverhalten etc.). Sie stellen häufig den ersten Bezug zu Produktfunktionen her und ermöglichen eine Detaillierung der Eigenschaftsfelder. Die Produkteigenschaften auf der 2. Ebene können wiederum durch weitere Produkteigenschaften (3. Ebene) oder auch Use-Cases, Produktfunktionen, Kennwerte, physikalische Größen etc. konkretisiert werden. Das Produktmodell erlaubt damit die Konkretisierung des lösungsoffenen Kundennutzens über verschiedene Ebenen, bis Anforderungen an die technischen Teilsysteme abgeleitet werden können.

Die in der Automobilentwicklung verwendeten Eigenschaftsstrukturen eignen sich, den Kundennutzen insbesondere lösungsoffen zu modellieren. Die Anforderungen realer Entwicklungsprojekte im Kontext einer systematischen Produktgenerationsentwicklung erfordern jedoch ein erweitertes Verständnis. Zentralen Einfluss auf die Zielsystembeschreibung haben dabei:<sup>78</sup>

- Die Dauer bis zur Markteinführung der Produktgeneration
- Die technische Komplexität des Projektes
- Die Vorgabe „potenzieller Innovationsfelder“
- Referenzprodukte und der damit verbundene Neuentwicklungsanteil
- Die organisatorische Komplexität

Der Zeitpunkt der Markteinführung führt zu Informationsasymmetrien aufgrund des verfügbaren Wissens zu Randbedingungen und Anforderungen. Nicht alle Eigenschaften der Produktgeneration können daher im gleichen Detaillierungsgrad beschrieben werden. Insbesondere bei sehr frühen Zielbildungsaktivitäten sind häufig nur abstrakte Beschreibungen von Eigenschaftszielen möglich. Es müssen auch nicht alle Ziele zum gleichen Zeitpunkt definiert werden: Zielwerte, wie die geometrischen Abmessungen (z.B. Gepäckräume oder Innenraumabmessungen) oder zentrale funktionale Konzeptgrößen (z.B. Fahrleistungen oder Verbrauch) müssen frühzeitig

---

<sup>78</sup> vgl. Abschnitt 5.5

definiert werden. Andere Teilsysteme können jedoch in späteren Entwicklungsphasen noch definiert werden (z.B. Materialien im Innenraum).

Je nach Entwicklungsprojekt und dessen Komplexität werden unterschiedliche Gesamtfahrzeugeigenschaften fokussiert und entsprechend detailliert. Eine Derivat-Entwicklung umfasst in der Regel einen überschaubaren Neuentwicklungsanteil und fokussiert ausgewählte Teilsysteme. Bei der Entwicklung eines neuen Modells müssen im Gegensatz zur Entwicklung eines Derivats in der Regel die Gesamtfahrzeugeigenschaften umfassend betrachtet werden.

Im Rahmen von Produktstrategien werden mitunter „potenzielle Innovationsfelder“ vorgegeben, welche Schwerpunkte für die Definition einer neuen Produktgeneration festlegen. Für diese sind entsprechend detaillierte Eigenschaftsziele zu formulieren (z.B. die Gestaltung eines „innovativen Bedienkonzepts“ benötigt die Konkretisierung der diesbezüglichen Gestalt- und Funktionseigenschaften der Bediensysteme).

Die Nutzung verfügbarer Teilsysteme aus bestehenden Referenzprodukten, z.B. im Rahmen einer Baukastenentwicklung, ist das zentrale Element einer systematischen PGE – Produktgenerationsentwicklung. Je nach betrachtetem Neuentwicklungsumfang und dem betrachteten spezifischen Teilsystem ist damit auch auf Ebene der Produkteigenschaften spezifisches Wissen verfügbar. Soll z.B. ein Antrieb aus einem Baukasten genutzt werden, sind damit bereits Eigenschaftsziele auf der Gesamtfahrzeugebene und damit kundenerlebbare Eigenschaften eingeschränkt. Sowohl Funktionseigenschaften werden dadurch bestimmt (z.B. Fahrleistungen aufgrund der Leistung des Motors) als auch Gestalteigenschaften (z.B. das Design des Fahrzeugvorderwagens aufgrund der Größe des Motors). Auch das Wissen zum Einfluss des Teilsystems auf das Gesamtsystem und damit die Auswirkungen auf kundenerlebbare Eigenschaften sind im Falle von Übernahmevariationen groß.

ALBERS ET AL. (2011a) haben durch Expertenbefragungen gezeigt, dass zur Förderung einer effektiven und effizienten Zusammenarbeit verschiedener Funktionsbereiche ein gemeinsames Ziel- und Problemverständnis sowie dessen Explikation notwendig sind. Hierzu ist eine gemeinsame sprachliche und fachliche Ebene erforderlich. Die Analyse der organisationalen Funktionsbereiche, die an der initialen Zielbildung beteiligt sind, hat außerdem gezeigt, dass die Kompatibilität der verwendeten Objekte und der heterogene Zielabstraktionsgrad den Informationsaustausch erschweren.<sup>79</sup> Bei der Entwicklung eines Produktmodells, welches das Produkt anhand des Kundennutzens beschreiben soll, muss daher der richtige Grad der Formalisierung erreicht werden, so dass noch ein ausreichender Nutzen der Formalisierung vorhanden ist, aber gleichzeitig die Anforderungen der beteiligten Funktionsbereiche flexibel berücksichtigt

---

<sup>79</sup> vgl. Abschnitt 5.3

werden (Haberfellner et al., 1997, S. 249). Der geeignete Grad an Formalisierung ist dabei kontextabhängig. STECHERT (2010, S. 25) zufolge stellt auch die Anzahl der beteiligten Funktionsbereiche einen wichtigen Faktor dar. Bei weniger beteiligten Funktionsbereichen ist demnach ein geringerer Grad an Formalisierung effektiver.

Aus den zuvor geschilderten Randbedingungen ergibt sich der Bedarf zur flexiblen Nutzung der Abstraktionsgrade (Ebenen) vorhandener Eigenschaftsstrukturen – sowohl zeitlich im Prozess als auch inhaltlich aufgrund des definitorischen Wissens. Insbesondere um die Verknüpfung zum Anbieternutzen im Modell der PGE zu ermöglichen, sind unterschiedliche Abstraktionsgrade notwendig, da der Anbieternutzen maßgeblich von der Zuordnung und Bewertung technischer Teilsysteme abhängt. Abbildung 6-4 illustriert dies beispielhaft.

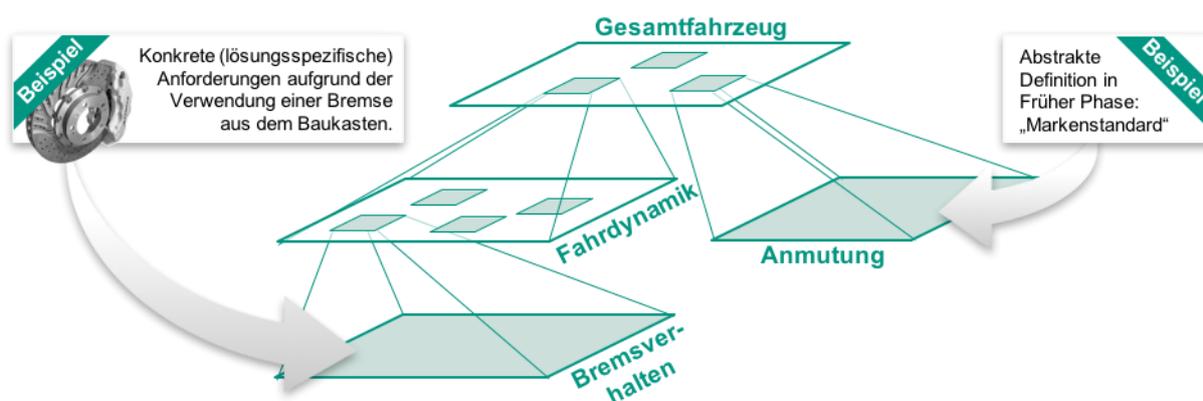


Abbildung 6-4: Flexible Konkretisierung der Eigenschaftsstruktur im Modell der PGE

Bestehende Eigenschaftsstrukturen können damit weiterhin als Referenzproduktmodell dienen, müssen aber projektspezifisch angepasst werden – sowohl hinsichtlich der Tiefe der Modellierung einzelner Eigenschaftsfelder als auch bezüglich der Auswahl von Elementen für die Modellierung (z.B. die Auswahl von Fahrdynamikeigenschaften auf der zweiten und dritten Ebene gegenüber der Modellierung der Anmutung auf erster Ebene). Auf Basis einer „Maximalstruktur“ – also einer Struktur, welche alle verfügbaren Eigenschaften beschreibt und strukturiert – können die projektspezifischen Inhalte modelliert werden. Dies ermöglicht im Rahmen einer systematischen PGE die projektübergreifende Verwendung des Referenzproduktmodells. Dadurch kann Wissen aus anderen Fahrzeugprojekten für die Produktgeneration genutzt werden, sowohl projektspezifisch (z.B. im Referenzprodukt ist das Ziel für den Bremsweg 34 Meter gewesen) als auch prozessspezifisch (z.B. die Validierung des Bremswegs erfolgte virtuell und auf der Teststrecke).

Das Referenzproduktmodell soll die projektspezifische, strukturierte Bewertung von kundenerlebbaren Produkteigenschaften ermöglichen und gleichzeitig den Bezug zur lösungsspezifischen Realisierung herstellen. In Abschnitt 5.2.3 wurde bereits gezeigt,

dass hierfür Referenzprodukte verwendet werden, sowohl zur Beschreibung der notwendigen Differenzierung als auch zur Ableitung von Übernahme- und Neuentwicklungsanteilen technischer Teilsysteme. Insbesondere für letztgenannte stellt die vorhergehende Produktgeneration ( $G_{i-1}$ ) das Basis-Referenzprodukt dar. Häufig werden jedoch weitere Referenzprodukte genutzt. Sollte die vorherige Produktgeneration noch nicht im Markt sein, stellt auch die aktuelle Produktgeneration im Markt ( $G_{n-1}$ ) ein zentrales Referenzprodukt dar, da hierfür konkrete Marktrückmeldungen (bspw. Beanstandungen) vorliegen. Darüber hinaus wird für die Zielbildung die lösungsoffene Differenzierung gegenüber Wettbewerbern herangezogen (Albers, Heitger et al., 2018d).<sup>80</sup> Durch die Strukturierung des Referenzproduktmodells in mehrere Ebenen lassen sich unterschiedliche Referenzprodukte für die jeweiligen Ebenen und Produkteigenschaften zur Beschreibung und Bewertung heranziehen und entsprechend konkretisieren (vgl. Abbildung 6-5).

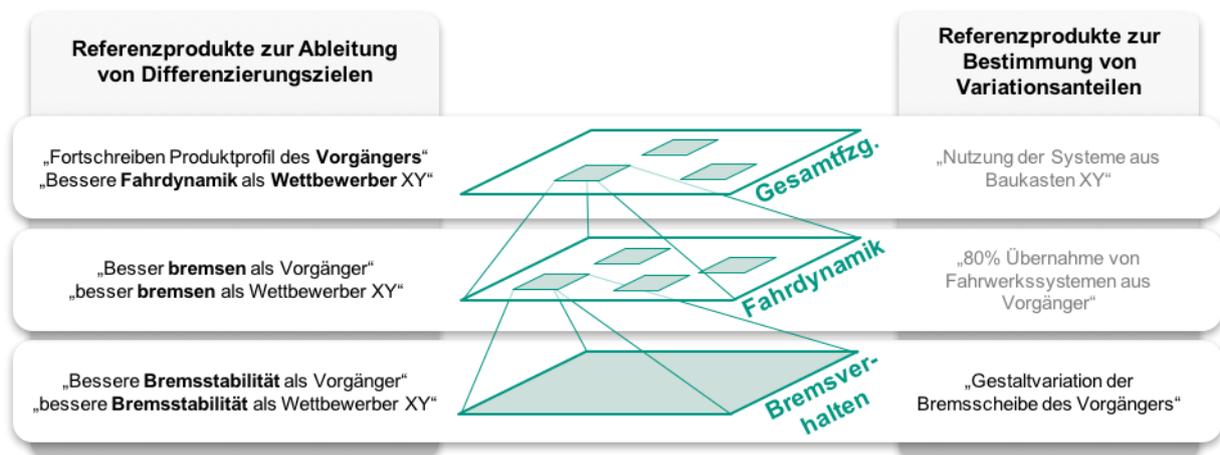


Abbildung 6-5: Zuordnung von Referenzprodukten zum Referenzproduktmodell

Mithilfe des Referenzproduktmodells lassen sich somit die Informationen des Produktprofils strukturieren und bedarfsgerecht konkretisieren. Dies ermöglicht die Priorisierung und Harmonisierung der Inhalte auf den unterschiedlichen Ebenen und die lösungsoffene Beschreibung zukünftiger Produktausprägungen sowie die entsprechende Zuordnung zum technischen Lösungsraum. Hieraus lassen sich zum einen Neuentwicklungsanteile für technische Systeme ableiten und zum anderen können technische Systeme hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen bewertet werden. Das Referenzproduktmodell dient damit einer Strukturierung von Informationen im Referenzsystem für eine Produktgeneration.

<sup>80</sup> vgl. Abschnitt 5.2.3

### 6.3 Referenzprozess der initialen Zielsystembildung

Zur Unterstützung des initialen Zielbildungsprozesses in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung wird in diesem Abschnitt aufbauend auf dem Profilverständnis aus Abschnitt 6.1 ein Referenzprozess für den Anwendungsfall der Gesamtfahrzeugentwicklung beschrieben. Der Aufbau des Referenzprozesses gliedert sich dabei in zwei übergeordnete Phasen: die *Entwicklung des Produktprofils* und die *initiale Bewertung des Produktprofils*. Beide Phasen können jeweils als SPALTEN-Problemlösungsprozess aufgefasst werden. Insbesondere der Prozess zur Entwicklung des Produktprofils lässt sich weiter unterteilen in die Bewertung der Entwicklungssituation, die Umfeldanalyse und -prognose und die Entwicklung des Eigenschaftsprofils (vgl. Abbildung 6-6).



Abbildung 6-6: Referenzprozess als Problemlösungsprozess

Die Bewertung der spezifischen Entwicklungssituation verfolgt das Ziel, im Unternehmen bestehende Referenzprojekte (innerhalb und außerhalb der Modellreihe) zu identifizieren und erste Risikoanalysen durchzuführen. Die anschließende projektspezifische Umfeldanalyse und -prognose dient dazu, die notwendigen Informationen (z.B. zum Wettbewerb oder zu verfügbaren Technologien) für die Zielsystembildung bereitzustellen. Hierbei werden Randbedingungen für das Fahrzeugprojekt präzisiert und Referenzprodukte identifiziert. Die Beschreibung der notwendigen Differenzierung erfolgt in Form des Eigenschaftsprofils, welches bereichsübergreifend entwickelt wird. Dies bildet den Kern der Beschreibung des Kunden- bzw. Anwendernutzens analog des Produktprofils nach ALBERS und stellt damit das zentrale Element des initialen Zielsystems dar. Auf Basis der Beschreibung des Kunden- und Anbieternutzens wird anschließend der Bezug zur Variation technischer Teilsysteme hergestellt und das Produktprofil initial bewertet. Dazu wird der aktuelle Stand der technischen Realisierung – in der Praxis auch als technisches Konzept oder Technikkonzept bezeichnet – analysiert und mit dem Produktprofil gegenübergestellt. Daraus lassen sich Neuentwicklungsanteile für Teilsysteme ableiten und somit das Entwicklungsrisiko abschätzen. Der gesamte Prozess kann als *Initiale Zielsystembildung* gemäß der Definition in Abschnitt 2.4.2.1 verstanden werden. Abbildung 6-7 fasst die wesentlichen Inhalte des Referenzprozesses zusammen, welche im folgenden Abschnitt detailliert vorgestellt werden.

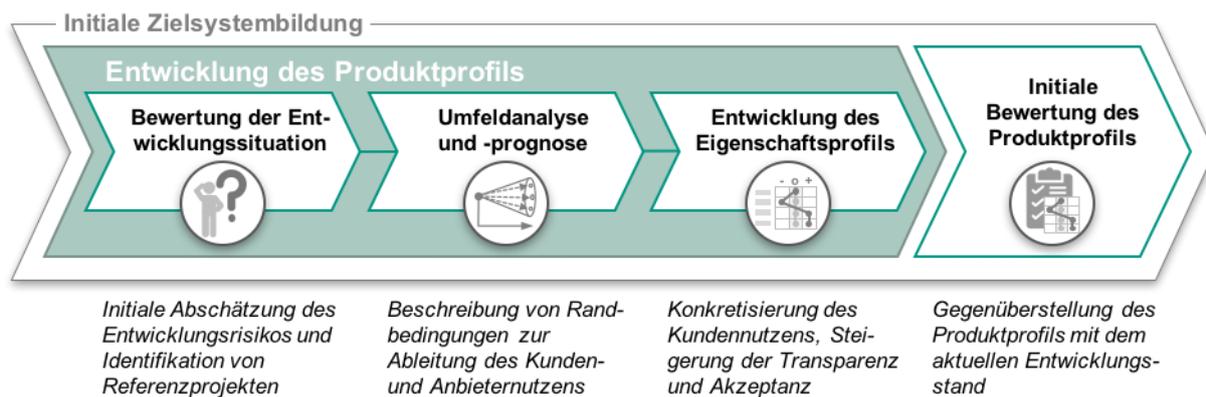


Abbildung 6-7: Phasenmodell der initialen Zielsystembildung in der Automobilentwicklung im Modell der PGE

### 6.3.1 Entwicklung des Produktprofils

Das Produktprofil stellt einen wesentlichen Bestandteil des initialen Zielsystems dar, indem es wesentliche Informationen zu Beginn des Produktentstehungsprozesses bereitstellt: Im Produktprofil werden erste grundlegende Ziele, Anforderungen und Randbedingungen aggregiert und damit die Begründungen für die Entwicklung des richtigen Produktes geliefert. In den folgenden Abschnitten wird anhand von drei Phasen ein Vorgehen beschrieben, welches die strukturierte Erarbeitung des Produktprofils im Kontext automobiler Entwicklungsprojekte ermöglicht und damit sowohl das systemische als auch das fachbereichsübergreifende Verständnis des initialen Zielsystems fördert.

#### 6.3.1.1 Bewertung der Entwicklungssituation

Mit der Projektinitiierung, z.B. in Form des Entwicklungsauftrags, beginnt der initiale Zielbildungsprozess in der Entwicklung.<sup>81</sup> Durch den Entwicklungsauftrag werden bereits Randbedingungen und Anforderungen für das Fahrzeug vorgegeben, wie z.B. der geplante Markteinführungstermin oder das Zielsegment. Wirtschaftlichkeitsziele schränken mittelbar, teilweise auch unmittelbar den Lösungsraum ein, z.B. durch die Vorgabe einer Zielrendite. Die Verwendung von Modulen im Rahmen einer Baukastenstrategie oder die zur Verfügung stehenden Produktionsanlagen können sowohl explizit als auch implizit an den Entwicklungsauftrag geknüpft sein. Die Unsicherheit für die Produktdefinition hängt maßgeblich von exogenen Randbedingungen ab, welche mit zunehmendem zeitlichen Abstand zur Markteinführung steigt.<sup>82</sup>

Obwohl jeder Produktentstehungsprozess individuell ist (Albers, 2010), lassen sich dennoch Muster erkennen, anhand derer Fahrzeugentwicklungsprojekte kategorisiert

<sup>81</sup> vgl. Abschnitt 5.1.1

<sup>82</sup> vgl. Abschnitt 5.3.1

werden können. Das von ALBERS ET AL. vorgestellte Framework zur Charakterisierung von Innovationsprojekten stellt eine Einteilung anhand der Merkmalsausprägungen von Innovationsprojekten vor. Hierbei wird das Innovationsprojekt nach der Bekanntheit und damit verbundenen Unsicherheit der zu verwendenden Kerntechnologie sowie der Kundenbeziehung kategorisiert (Albers, Heitger et al., 2016b; Wilmsen, 2016). Das betrachtete *System in Development* ist in diesem Fall das Gesamtfahrzeug. Aus Sicht des OEMs wird der Endkunde bzw. Anwender betrachtet. Abbildung 6-8 zeigt das generische Framework und verdeutlicht das Beispiel für einen OEM, bei dem die technologische Unsicherheit maßgeblich von der Antriebstechnologie abhängt.

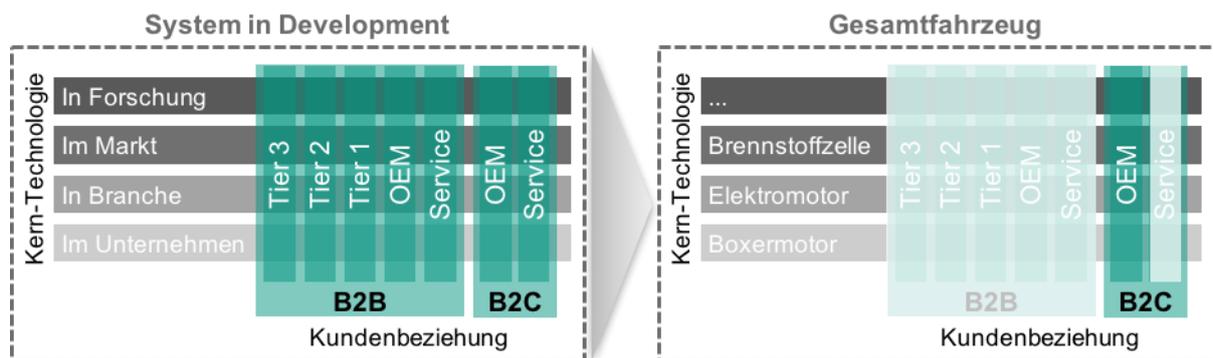


Abbildung 6-8: Framework zur Charakterisierung von Innovationsprojekten eines OEMs als Teil des PGE-Modells nach ALBERS, HEITGER ET AL. (2016b)

Die technologische Unsicherheit kann weiter konkretisiert werden. Hierfür ist es notwendig, Fahrzeugentwicklungsprojekte zu detaillieren. Abschnitt 5.2 hat gezeigt, dass die jeweilige Entwicklungssituation maßgebliche Auswirkungen auf die Unsicherheit und das damit verbundene Entwicklungsrisiko hat. Grundsätzlich lassen sich hierzu drei Arten von Fahrzeugentwicklungsprojekten unterscheiden: Die Entwicklung eines Derivats, die Entwicklung eines Nachfolgers (einer bestehenden Modellreihe) und die Entwicklung einer neuen Modellreihe (vgl. Abbildung 6-9) (Albers, Heitger et al., 2016c).

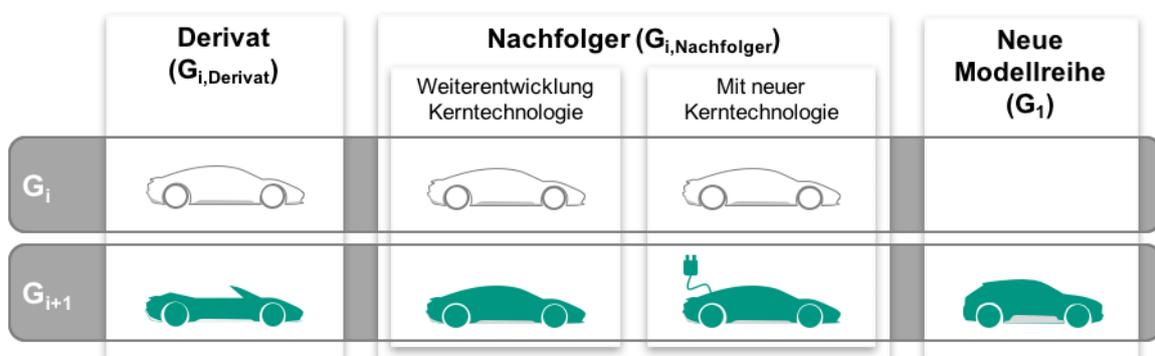


Abbildung 6-9: Mögliche Fahrzeugentwicklungsprojekte im Modell der PGE

Im Fall der Entwicklung eines Derivats ( $G_{i, \text{Derivat}}$ ) wird auf Basis eines bereits bestehenden Fahrzeugkonzepts ein neues Fahrzeug<sup>83</sup> mit veränderten Produktausprägungen abgeleitet. Das Entwicklungsprojekt basiert auf einem bereits bestehenden (oder sich in der Entwicklung befindenden) Modell ( $G_i$ ). Hierbei kann zwischen einem Karosserie- (z.B. die Entwicklung eines Cabrios auf Basis eines Coupés) oder Antriebsderivat (z.B. die Entwicklung einer neuen Motorengeneration) unterschieden werden. Der Neuentwicklungsanteil in Form von Prinzip- und Gestaltvariation ( $PV + GV$ ) beschränkt sich damit oftmals auf abgrenzbare Teilsysteme. Der Übernahmevariationsanteil ( $\ddot{U}V$ ) für die verbleibenden Teilsysteme ist hoch. An den Schnittstellen der neuentwickelten Teilsysteme ist mit erhöhtem Entwicklungsaufwand zu rechnen (z.B. Integration des neuen Dachsystems). Sowohl Gestaltvariationen ( $GV$ ) als auch Prinzipvariationen ( $PV$ ) können hier notwendig sein. Grundsätzlich dient die unternehmensspezifische, standardisierte Eigenschaftsstruktur als Referenzproduktmodell zur Modellierung des Kundennutzens.<sup>84</sup> Je nach Entwicklungssituation muss diese jedoch angepasst werden. Die Teilsysteme mit hohem Neuentwicklungsanteil können auch in der Kundenwahrnehmung weitgehend unabhängig beschrieben werden. Bei der Entwicklung eines Cabrios zu einem bestehenden Coupé beispielsweise beziehen sich die Neuentwicklungsumfänge hauptsächlich auf das Dach und die Karosserieanbindung. Der Antrieb hingegen bleibt weitgehend unverändert und kann als Übernahmevariation integriert werden. Das Produktmodell des Kundennutzens kann also von dem entsprechenden internen Referenzprojekt ( $G_i$ ) übernommen werden. Neue oder veränderte Produkteigenschaften sind vorrangig im Bereich der veränderten Teilsysteme zu erwarten (z.B. im Fall der Entwicklung eines Cabrio-Derivats der Fahrkomfort bei geöffnetem Dach). Wechselwirkungen mit bestehenden Teilsystemen sind jedoch zwingend zu berücksichtigen (z.B. die geringere Steifigkeit der Karosserie).

Die Entwicklung eines Nachfolgers ( $G_{i, \text{Nachfolger}}$ ) basiert auf einer bereits etablierten Vorgängergeneration ( $G_{i-1}$ ). Grundlegende Produkteigenschaften werden beibehalten, jedoch an neue Anforderungen angepasst und weiterentwickelt. Der Neuentwicklungsanteil ( $PV + GV$ ) ist häufig über das gesamte Fahrzeug verteilt. Im Rahmen einer Nachfolgerentwicklung kann es auch zur Einführung einer neuen Kerntechnologie kommen (z.B. Elektrifizierung des Antriebsstrangs). In diesem Fall sind zusätzliche Unsicherheiten und Neuentwicklungsanteile für die betroffenen Teilsysteme zu berücksichtigen. Im Fall der Nachfolgerentwicklung kann oftmals auf bestehende Referenzproduktmodelle des Vorgängers zurückgegriffen werden. Da

---

<sup>83</sup> auch als Produktabspaltung bezeichnet

<sup>84</sup> vgl. Abschnitt 5.4.2

hauptsächlich bestehende Produkteigenschaften angepasst werden sollen, wird das Referenzproduktmodell nur in Ausnahmefällen um grundsätzlich neue Produkteigenschaften erweitert (z.B. bei der Integration eines neuen Antriebs).

Tendenziell ist der größte Neuentwicklungsanteil (PV + GV) und damit die größte Unsicherheit bei der Einführung einer neuen Modellreihe ( $G_1$ ) gegeben. Bei dieser Entwicklungssituation kann wiederum unterschieden werden zwischen einer neuen Produktlinie, welche im Rahmen der Baukastenentwicklung hauptsächlich auf internen Referenzprodukten oder Referenzprodukten von Kooperationspartnern aufbaut (z.B. 1. Generation Porsche Cayenne auf Basis VW Touareg) und einer neuen Modellreihe (z.B. BMW i3). Insbesondere im letzten Fall ist die Unsicherheit hoch, die Referenzprodukte („ $G_0$ “) für das Referenzsystem sind am wenigsten bekannt und das Entwicklungsrisiko ist damit hoch. Bei neuen Modellreihen können die Anpassungen des Referenzproduktmodells umfangreicher ausfallen. Es bietet sich an, als Grundlage die Struktur eines ähnlichen Fahrzeugs (z.B. gleiche Karosserieform, aber anderes Segment) oder eine standardisierte Eigenschaftsstruktur zu nutzen. In Abhängigkeit von den Produktprämissen aus dem Projektauftrag, wie z.B. zu verwendenden Technologien oder konzeptionelle Randbedingungen, muss das Referenzproduktmodell angepasst werden. Zum einen hinsichtlich des notwendigen Detaillierungsgrads der Produkteigenschaften und zum anderen bezüglich neuer Produkteigenschaften. Abbildung 6-10 illustriert die zuvor geschilderten Fälle.

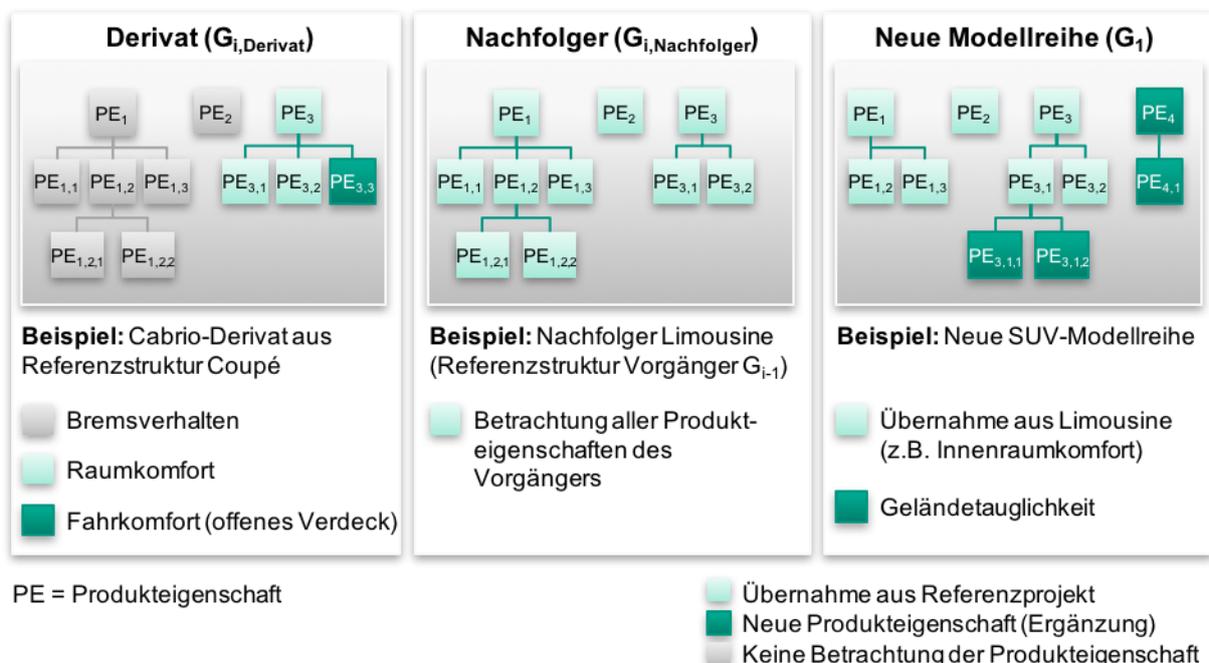


Abbildung 6-10: Referenzproduktmodelle abhängig von der Entwicklungssituation im Modell der PGE

Neben der Art des Fahrzeugentwicklungsprojektes ist die mit dem Projekt verbundene Unsicherheit zudem vom zeitlichen Horizont abhängig.<sup>85</sup> Je weiter die Markteinführung für die Produktgeneration in der Zukunft liegt, desto größer ist die Unsicherheit aufgrund exogener Randbedingungen. Insbesondere die technologische Unsicherheit hat dabei Auswirkungen auf die Erreichung der Entwicklungsziele. Eine abstrakte Beschreibung der Zielsystemelemente geht damit einher. Der Kundennutzen lässt sich nur grob beschreiben. Dies muss entsprechend bei der Entwicklung des Referenzproduktmodells berücksichtigt werden (vgl. Abbildung 6-11).

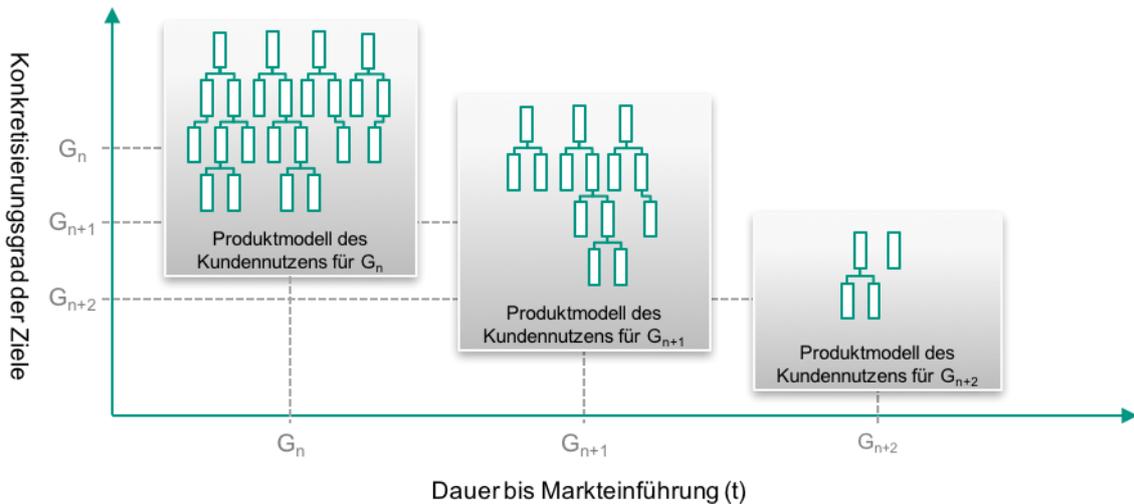


Abbildung 6-11: Zeitliche Abhängigkeit der Konkretisierung des Kundennutzens im Modell der PGE

Das Ergebnis der ersten Phase des Referenzprozesses ist damit eine situationsabhängige Bewertung des Entwicklungsprojektes, welches die Grundlage für ein projektspezifisches Produktmodell des Kundennutzens (Referenzproduktmodell) bildet. Darüber hinaus lassen sich aus einer differenzierten Bewertung der Entwicklungssituation interne Referenzprojekte identifizieren, welche einen gezielten Zugriff auf verfügbares Wissen und Methoden erlauben und damit die Grundlage für das Referenzsystem im Modell der PGE bilden. Dies wiederum ermöglicht eine erste Abschätzung des Entwicklungsrisikos für das Fahrzeugentwicklungsprojekt, ohne den Lösungsraum unnötig einzuschränken.

### 6.3.1.2 Umfeldanalyse und -prognose

Durch die Umfeldanalyse und -prognose im Referenzprozess zur Zielsystembildung werden notwendige Informationen für die Zielsystembildung bereitgestellt. Diese Informationen bilden die Grundlage für die Ableitung der Produktziele (Muschik, 2011, S. 90ff.). Der Begriff „Umfeld“ bezieht sich dabei auf das Produktumfeld und fasst

<sup>85</sup> vgl. Abschnitt 5.2.1 und Abschnitt 5.3.1

endogene sowie exogene Randbedingungen zusammen und setzt diese in Bezug zum betrachteten Fahrzeug. Die Randbedingungen können dabei unterschiedlich spezifisch sein. Beispielsweise die Vorgabe der Verwendung eines konkreten Antriebsbaukastens oder der Einsatz einer bestimmten Kerntechnologie aufgrund strategischer Entscheidungen ergeben sehr spezifische Anforderungen im Zielsystem für die Produktgeneration. Gesetze, z.B. zu Emissionen, geben ebenfalls konkrete Ziele für das Fahrzeug vor, müssen jedoch noch in technische Anforderungen überführt werden. Randbedingungen auf der Basis von Trends, wie z.B. die Berücksichtigung der zunehmenden Urbanisierung, sind hingegen abstrakter und erfordern erhöhten Konkretisierungsaufwand, um in entsprechende technische Anforderungen überführt zu werden. Abbildung 6-12 gibt eine exemplarische Übersicht über endogene und exogene Randbedingungen in der Frühen Phase der PGE des automobilen Zielbildungsprozesses.

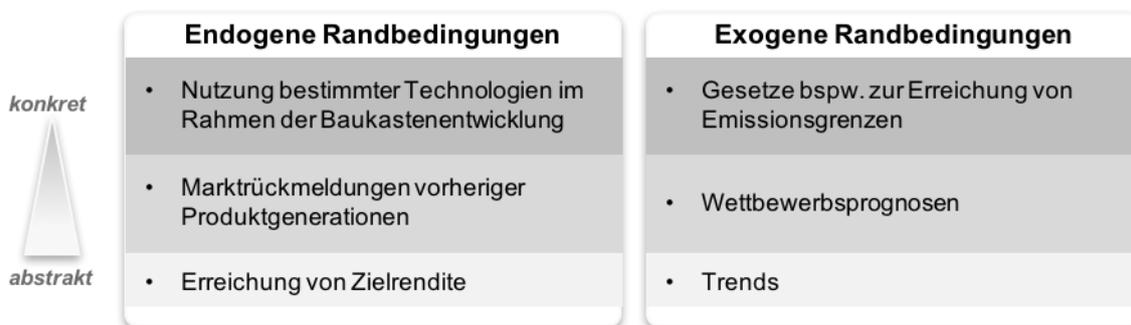


Abbildung 6-12: Beispiele für Randbedingungen im Modell der PGE

Grundsätzlich werden Inhalte der Umfeldanalyse und -prognose kontinuierlich in den zuständigen Fachbereichen erfasst und aufbereitet.<sup>86</sup> Im Rahmen eines Entwicklungsprojekts für eine neue Produktgeneration  $G_i$  werden diese Informationen entsprechend analysiert, spezifiziert und dem Projekt zur Verfügung gestellt. Die Umfeldanalyse und -prognose beinhaltet insbesondere Informationen zum Wettbewerb, zu heutigen und zukünftigen Kunden, zu den Zielmärkten sowie übergreifenden Trends (vgl. Abbildung 6-13). Sie bilden die Prämissen für die folgenden Aktivitäten der Produktdefinition. Abhängig vom zeitlichen Horizont der notwendigen Prognosen sind diese mehr oder weniger unsicherheitsbehaftet. Zentral ist außerdem die Beschreibung von Referenzprodukten. Insbesondere externe Referenzprodukte (z.B. Kernwettbewerber) bilden die Grundlage für die Identifikation von Differenzierungsmerkmalen.

<sup>86</sup> vgl. Abschnitt 5.3.1

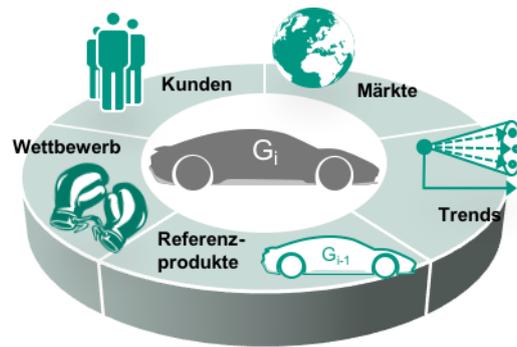


Abbildung 6-13: Bestandteile der Umfeldanalyse und -prognose

Die Wettbewerbsanalyse erstellt Berichte, die sowohl die heutige Wettbewerbssituation darlegen aber auch die zukünftige Wettbewerbsentwicklung prognostizieren (z.B. wie sich mögliche Antriebsleistungen entwickeln könnten). Der Vertrieb stellt erwartete Marktentwicklungen bereit und von den Verantwortlichen für die Typisierung werden Gesetzes-Roadmaps erstellt (Muschik, 2011, S. 92ff.).

Im Rahmen der Umfeldanalyse und -prognose werden relevante Referenzprodukte identifiziert und beschrieben. Insbesondere die Wettbewerbsprognose stellt dabei Informationen zu externen Referenzprodukten bereit. Die Auswahl von Wettbewerbern erfolgt durch Ähnlichkeitsanalysen auf der Ebene des Gesamtfahrzeugs. Hierzu werden u.a. Kriterien wie das Fahrzeugsegment<sup>87</sup>, die Marke, Antriebsart, Motorleistung, etc. berücksichtigt. Wettbewerber, die für die betrachtete Produktgeneration hinsichtlich der Erfüllung dieser Kriterien den höchsten Ähnlichkeitswert aufweisen, werden als Kernwettbewerber bezeichnet (Bader, 2007, S. 106ff.). Für Nachfolgerentwicklungen ( $G_{i,Nachfolger}$ ) können die Wettbewerber vorheriger Produktgenerationen einen Anhaltspunkt bei der Wettbewerbsauswahl geben, da auch diese in den meisten Fällen weiterentwickelt werden. Referenzprodukte auf Teilsystemebene müssen teilweise separat identifiziert werden und können auch außerhalb der Branche liegen (z.B. das Display für das Centerdisplay im Bereich von Tablets oder Smartphones). Hierbei werden z.B. Methoden der Technologiebeobachtungen genutzt, um geeignete Referenzprodukte zu identifizieren. Zusätzlich bieten Marktforschungsergebnisse und Kundenbefragungen Anhaltspunkte für neue Referenzprodukte.<sup>88</sup> Auch interne Referenzprodukte (z.B. andere Modellreihen) sind von Relevanz für die Umfeldanalyse und -prognose. Neben der Sicherstellung eines ausgewogenen Produktportfolios können interne Referenzprodukte Hinweise auf relevante Randbedingungen geben (z.B. die Berücksichtigung von Gesetzen bei der Verwendung von Technologien).

---

<sup>87</sup> Die segmentspezifische Einordnung eines Fahrzeugs hängt insbesondere von den Fahrzeugabmessungen und dem Anschaffungspreis ab

<sup>88</sup> z.B. Studien wie die NCBS (New Car Buyer Survey), welche jährlich aktualisiert wird, gibt Hinweise welche alternativen Fahrzeuge Kunden in Betracht gezogen haben.

### 6.3.1.3 Entwicklung des Eigenschaftsprofils

Die Analyse der Zielsystembildung in Abschnitt 5.3 hat gezeigt, dass nicht nur die notwendigen Informationen verteilt vorliegen, sondern der Zielbildungsprozess auch cross-funktional abläuft. Um die Akzeptanz für das initiale Zielsystem zu steigern, müssen daher die relevanten Organisationsbereiche in den Prozess der Zielbildung eingebunden werden. Zusätzlich reduziert ein bereichsübergreifender Prozess das Denken in fachbereichsspezifischen Sub-Zielsystemen („Silo-Denken“) und sensibilisiert für die Anforderungen anderer Fachbereiche. Die bereichsübergreifende Konkretisierung des Kundennutzens der Fahrzeuggeneration unterstützt diesen Prozess. Insbesondere die Entwicklung des Eigenschaftsprofils ermöglicht es, unterschiedliche Perspektiven auf die Produktgeneration zu integrieren (vgl. Abbildung 6-14). Der Kundennutzen stellt dabei die moderierende Dimension dar und lässt sich durch Produkteigenschaften und deren Ausprägungen modellieren. Grundlage für die Bewertung der Eigenschaften bildet das projektspezifische Produktmodell des Kundennutzens.

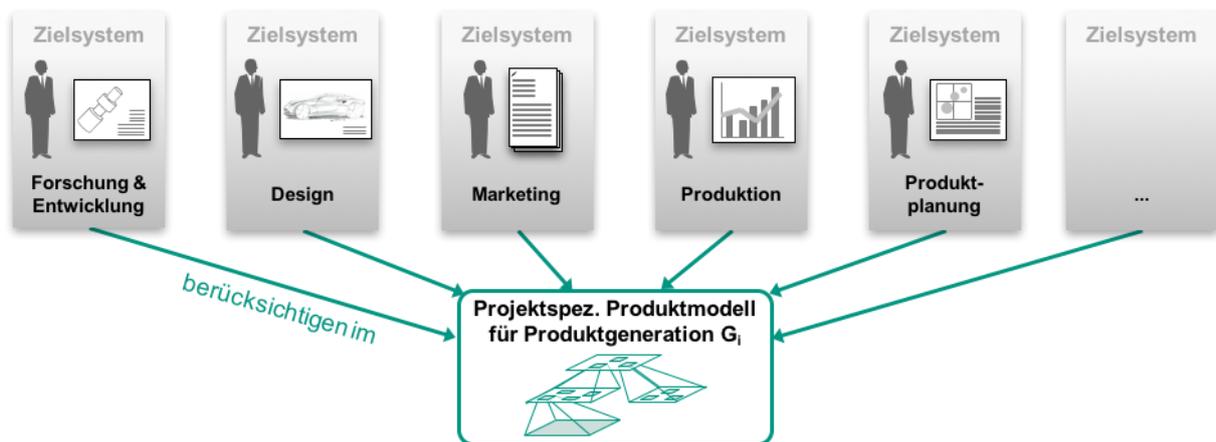


Abbildung 6-14: Cross-funktionale Bewertung von Produkteigenschaften im projektspezifischen Produktmodell des Kundennutzens im Modell der PGE

Im Eigenschaftsprofil wird dabei die notwendige Differenzierung gegenüber Referenzprodukten abgebildet, um notwendige Entwicklungsaktivitäten ableiten zu können. Anhand der Relevanz-Bewertung von Gesamtfahrzeugeigenschaften wiederum können notwendige Entwicklungsaktivitäten hinsichtlich des Kunden- und Anwendernutzens priorisiert werden (Hirschter, Heitger et al., 2018).

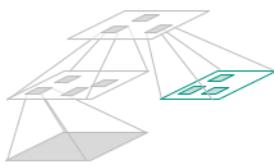
### Priorisierung kundenerlebbarer Produkteigenschaften

Die Relevanz von Produkteigenschaften verändert sich über die Zeit<sup>89</sup> und ist von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Informationen zu Projektprämissen sowie endogenen und exogenen Randbedingungen werden durch die Umfeldanalyse und

<sup>89</sup> vgl. Abschnitt 2.4.1.1

-prognose bereitgestellt und bilden die Bewertungsgrundlage. Referenzprojekte, wie z.B. die vorhergehenden Produktgenerationen ( $G_{i-1}$ ), lassen ebenfalls Schlüsse auf die Priorisierung von Produkteigenschaften zu. Dabei können auch Zielsysteminformationen, wie z.B. Produktprofile, als Grundlage für die Priorisierung der betrachteten Produktgeneration herangezogen werden.

Die Priorisierung der Produkteigenschaften erfolgt anhand des projektspezifischen Produktmodells und ist unabhängig von Referenzprodukten. Sie bezieht sich ausschließlich auf die zu entwickelnde Produktgeneration. Aufgrund der möglichen Heterogenität des Abstraktionsgrads für das Zielsystem können und müssen nicht immer alle Eigenschaften bewertet werden. Wichtig ist jedoch, dass immer Produkteigenschaften der gleichen Ebene gegeneinander bewertet werden. Mögliche Vorgehen zur Bewertung sind die absolute Skalierung der Relevanz für jede Produkteigenschaft einer Ebene (z.B. Relevanz hoch, mittel, niedrig), die Kategorisierung nach Kano<sup>90</sup>, Noten<sup>91</sup> oder relative Vergleiche der Produkteigenschaften z.B. durch „Paarweisen Vergleich“ oder Rangfolgen (vgl. Abbildung 6-15).



Produkteigenschaft	Relevanz	Kano (Merkmal)	Note	Rang
Längsdynamik	hoch	Begeisterung	1	1
Querdynamik	mittel	Leistung	2	2
Produkteigenschaft n	niedrig	Basis	3	3

Abbildung 6-15: Priorisierungsmetriken für Produkteigenschaften im Modell der PGE

Das Ergebnis ist eine priorisierte Liste der Eigenschaften für die betrachtete Produktgeneration. Mit zunehmendem Projektfortschritt kann diese Priorisierung detailliert, ergänzt und aktualisiert werden.

### **Bewertung der notwendigen Differenzierung der Produktgeneration**

Die Priorisierung der Produkteigenschaften allein sagt noch nichts über die notwendige Differenzierung der Produktgeneration aus. Die Beschreibung der notwendigen Veränderung der betrachteten Produktgeneration erfolgt gegenüber Referenzprodukten und ergibt damit ein Eigenschaftsprofil. Hierbei werden insbesondere lösungsoffene Informationen zu Referenzprodukten genutzt.<sup>92</sup> Informationsbasis für die notwendige Differenzierung stellen, wie zuvor bei der Bewertung der Relevanz, die Umfeldanalyse und -prognose bereit.

<sup>90</sup> vgl. Abschnitt 2.2.1

<sup>91</sup> vgl. Abschnitt 5.4.2

<sup>92</sup> vgl. Abschnitt 2.2.2

Wie Abschnitt 5.2.3 gezeigt hat, sind zur Charakterisierung des Kundennutzens externe Referenzprodukte von großer Bedeutung (insbesondere Kernwettbewerber). Durch sie werden notwendige Differenzierungsmerkmale identifiziert. Insbesondere Leistungsmerkmale erfordern eine konkrete Positionierung gegenüber Wettbewerbern (z.B. Fahrleistungen oder verfügbares Gepäckraumvolumen). Aber auch interne Referenzprodukte sind wichtig, z.B. um die markeninterne Differenzierung von Modellreihen zu gewährleisten (z.B. sollte ein Sportwagen bessere Fahrleistungen als ein SUV besitzen) oder auch modellreihenübergreifende Merkmale zu realisieren (z.B. die modellreihenübergreifende Anordnung von Bedienelementen, wie das Zündschloss links vom Lenkrad). In der Regel sind daher mehrere Referenzprodukte notwendig, um die notwendige Differenzierung zu beschreiben. Auf Basis des zuvor erarbeiteten Referenzproduktmodells des Kundennutzens werden die Referenzprodukte den jeweiligen Produkteigenschaften zugeordnet. Eine konsistente Beschreibung ist nicht zwingend erforderlich. Auch zwischen verschiedenen Fachbereichen muss die Auswahl von Referenzprodukten und die damit verbundenen relativen Positionierungen der Produktgeneration nicht überschneidungsfrei sein und kann auch Widersprüche enthalten (z.B. kann aus Sicht des Designs aufgrund der Gestalt ein anderes Display die Referenz sein als aus Sicht funktionaler Anforderungen der Elektrik). Prinzipiell sollte ein Basis-Referenzprodukt für die grundlegende Ausprägung genutzt werden – zur Detaillierung von Differenzierungszielen müssen jedoch weitere betrachtet werden. Abbildung 6-16 veranschaulicht beispielhaft die Zuordnung verschiedener Referenzprodukte zu den Produkteigenschaften der verschiedenen Ebenen des Referenzproduktmodells.



Abbildung 6-16: Zuordnung von Referenzprodukten auf verschiedenen Ebenen des Referenzproduktmodells und Beispiele für Eigenschaftsausprägungen

Die Bewertung der notwendigen Differenzierung gegenüber Referenzprodukten erfolgt lösungsoffen anhand ordinaler Skalen und beschreibt damit eine relative Differenzierung der Produkteigenschaftsausprägung. Nicht alle Produkteigenschaften

lassen sich auf diese Art differenzieren. Charakterliche Produkteigenschaften, also Produkteigenschaften mit einem hohen Subjektivanteil in der Wahrnehmung, müssen durch nominale Skalen abgebildet werden.<sup>93</sup> In diesem Fall kann ebenfalls von einer Eigenschaftsausprägung gesprochen werden. Die Bewertung kann auf allen Ebenen des projektspezifischen Produktmodells erfolgen. Um die Transparenz zu erhöhen, sollte die Differenzierung durch Beschreibungen präzisiert werden. Bei charakterlichen Differenzierungen ist dies zwingend erforderlich. Tabelle 6-1 zeigt beispielhaft Eigenschaftsausprägungen für verschiedene Referenzprodukte, die unterschiedliche Ebenen des Referenzproduktmodells für eine Produktgeneration ( $G_i$ ) adressieren.

Tabelle 6-1: Referenzprodukte und lösungsoffene Produkteigenschaftsausprägungen für eine Produktgeneration ( $G_i$ )

Kundenerlebte Produkteigenschaft	Referenzprodukt	Ausprägung/Beschreibung
<b>Gesamtfahrzeug</b>	<b>Vorgänger (<math>G_{i-1}</math>)</b>	Fortsetzung des Produktprofils
<b>Fahrdynamik</b>	<b>Vorgänger (<math>G_{i-1}</math>)</b>	Verbesserung des Fahrerlebnisses
<b>Bremsverhalten</b>	<b>Prognostizierter Wettbewerber (<math>G_{WB, n}</math>)</b>	Sicherstellung besseres Bremsverhalten
...		
<b>Bedienkomfort</b>	<b>Andere Modellreihe</b>	analog Modellreihe XY
<b>Anzeigen</b>	<b>Branchenfremder Wettbewerber (Tablet)</b>	Anzeigekonzept analog Tablet
...		

Die Beschreibung von Neuentwicklungsanteilen ( $PV + GV$ ) und Übernahmevariationsanteilen ( $ÜV$ ) technischer Teilsysteme der Produktgeneration erfolgt ebenfalls anhand von Referenzprodukten, muss aber nicht zwingend mit denen zur Beschreibung der Differenzierungsziele übereinstimmen. Für Referenzprodukte, die sowohl für die Beschreibung von Differenzierungszielen als auch zur Ableitung von lösungsspezifischen Variationsanteilen dienen, kann aus dem Differenzierungsziel direkt auf die technische Realisierung übergeleitet werden. Ist dies nicht der Fall, sind die Differenzierungsziele mit dem entsprechenden Referenzprodukt zu verknüpfen und in notwendige Variationsarten zu überführen. Die relative Bewertung der notwendigen Differenzierung stellt damit eine Begründung für die Variationsarten gegenüber diesen lösungsoffenen Referenzprodukten dar (Tabelle 6-2).<sup>94</sup>

<sup>93</sup> vgl. Abschnitt 5.4.2

<sup>94</sup> Beispiel: Weil der prognostizierte Wettbewerber XY voraussichtlich die angestrebte Positionierung „Bester seiner Klasse“ für die Produktgeneration ( $G_i$ ) gefährdet, ist eine Verbesserung des Bremsverhaltens gegenüber dem Vorgänger ( $G_{i-1}$ ) notwendig. Der Wettbewerber XY ist dabei das lösungsoffene Referenzprodukt, der Vorgänger das potenziell lösungsspezifische.

Tabelle 6-2: Einheitliche Beschreibung von Differenzierungszielen durch Referenzprodukte

Kundenerlebbare Produkteigenschaft	Differenzierungsziel		Technische Realisierung (Variation)	
	Referenzprodukt (lösungs offen)	Ausprägung	Referenzprodukt (lösungsspezifisch)	Ausprägung
<b>Gesamtfahrzeug</b>	Vorgänger ( $G_{i-1}$ )	Fortsetzung des Produktprofils	= Vorgänger ( $G_{i-1}$ )	Fortsetzung des Produktprofils
<b>Fahrdynamik</b>	Vorgänger ( $G_{i-1}$ )	Verbesserung des Fahrerlebnisses	= Vorgänger ( $G_{i-1}$ )	Verbesserung des Fahrerlebnisses
<b>Bremsverhalten</b> ①	Prognostizierter Wettbewerber ( $G_{WB, n}$ )	Sicherstellung besseres Bremsverhalten	→ Vorgänger ( $G_{i-1}$ )	Verbesserung des Bremsverhaltens
...				
<b>Bedienkomfort</b> ②	Andere Modellreihe	analog Modellreihe XY	→ Vorgänger ( $G_{i-1}$ )	Neues Bedienkonzept
<b>Anzeigen</b> ③	Branchenfremder Wettbewerber (Tablet)	Anzeigekonzept analog Tablet	→ Vorgänger ( $G_{i-1}$ )	Neues Anzeigekonzept analog Tablet
...				

Im Beispiel aus Tabelle 6-2 wird für das Gesamtfahrzeug und die Fahrdynamik das Differenzierungsziel gegenüber dem gleichen Referenzprodukt beschrieben, wie die Variationsarten. Für die Eigenschaft Bremsverhalten (1) wird für die Differenzierungszielsetzung der Kernwettbewerber als Referenzprodukt betrachtet. Daher ist es notwendig, dies in die notwendige Differenzierung gegenüber dem Vorgänger zu überführen („Damit  $G_i$  ein besseres Bremsverhalten als der Kernwettbewerber  $G_{WB,n}$  hat, muss sich das Bremsverhalten gegenüber dem Vorgänger ( $G_{i-1}$ ) verbessern.“). Für die Eigenschaft Bedienkomfort (2) soll das Bedienkonzept analog einer anderen Modellreihe umgesetzt werden. Dies bedeutet gegenüber  $G_{i-1}$  ein neues Bedienkonzept. Für die konkrete Umsetzung der Eigenschaft Anzeigen (3) wird ein branchenfremdes Tablet als Referenzprodukt herangezogen. Auch dies bedeutet gegenüber  $G_{i-1}$  ein neuartiges Anzeigekonzept.

### Zusammenfassung

Unterschiedliche Fachbereiche priorisieren unterschiedliche Produkteigenschaften und haben abweichende Vorstellungen von der notwendigen Differenzierung für die Produktgeneration. Besonders heterogene Eigenschaftsausprägungen zwischen verschiedenen Fachbereichen müssen frühzeitig aufgedeckt werden und eine notwendige Harmonisierung der unterschiedlichen Sichtweisen erfolgen. Grundsätzlich ist es im Rahmen der initialen Zielsystembildung nicht notwendig, ein konfliktfreies Zielsystem zu erarbeiten. Im Gegenteil: ein konfliktbehaftetes Zielsystem bietet Ansatzpunkte für innovative technische Lösungen. Das übergeordnete Ziel des Eigenschaftsprofils muss die aggregierte Darstellung des Kundennutzens sein, welcher durch sämtliche Organisationsbereiche getragen wird und an dem die weiteren Entwicklungsaktivitäten ausgerichtet werden können.

### 6.3.1.4 Zusammenfassung und Visualisierung des Produktprofils

Auf Basis der vorhergehenden Prozessschritte lässt sich das Produktprofil für die betrachtete Produktgeneration beschreiben. Informationen aus der Analyse und Bewertung der Entwicklungssituation (vgl. Abschnitt 6.3.1.1) und der Umfeldanalyse und -prognose (vgl. Abschnitt 6.3.1.2) bilden die Basis für das Produktprofil. Konzeptionelle Rahmenbedingungen und zentrale Technologien werden ebenso beschrieben wie Zielsegmente, Kunden und deren Use-Cases. Auch Informationen zum Anbieternutzen, wie z.B. Zielrenditen, werden bereitgestellt. Das Eigenschaftsprofil (vgl. Abschnitt 6.3.1.3) dient der Detaillierung des Kundennutzens und stärkt den bereichsübergreifenden Austausch von Anforderungen an die Produktgeneration. Abbildung 6-17 fasst die wesentlichen Ergebnisse der Phasen der initialen Zielsystembildung zusammen.

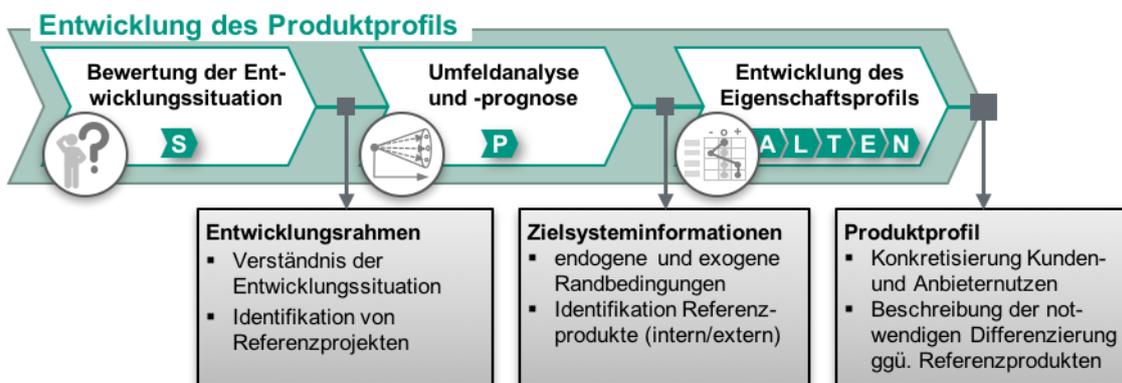


Abbildung 6-17: Zusammenfassung Prozess zur Entwicklung des Produktprofils

Das Eigenschaftsprofil kann auf unterschiedliche Weise als Objekt visualisiert werden. Auf der obersten Ebene bieten sich die in der Automobilentwicklung etablierten Eigenschaftsspinnen (Netzdiagramme) an, welche die übergeordneten Positionierungsspitzen und Prämissen aggregieren. Auf der 2. Ebene des Referenzproduktmodells können Polaritätsprofile die notwendige Differenzierung gegenüber dem Referenzprodukt detailliert abbilden. Für die weitere Detaillierung von Produkteigenschaften bietet es sich an, Steckbriefe mit entsprechenden Illustrationen, Informationen zu Referenzprodukten, Kerntechnologien, Produktfunktionen und den technischen Teilsystemen zu erstellen (vgl. Abbildung 6-18).

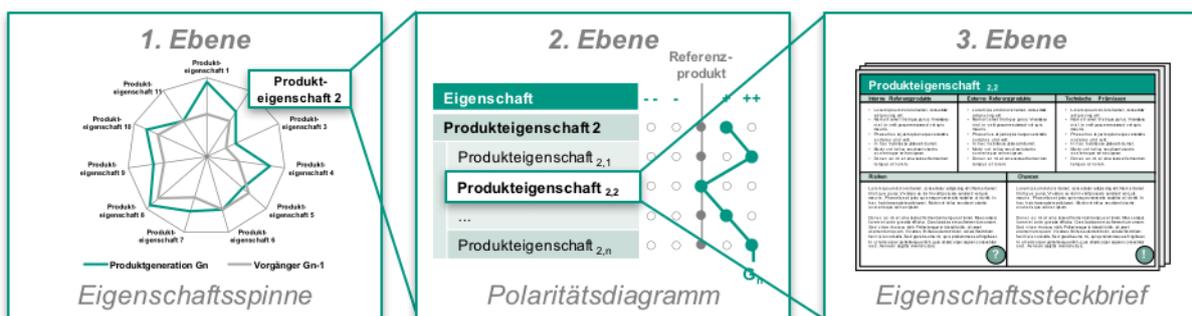


Abbildung 6-18: Visualisierung der unterschiedlichen Ebenen des Produktprofils

### 6.3.2 Initiale Bewertung des Produktprofils

Die Entwicklung einer neuen Produktgeneration von Fahrzeugen findet nicht auf dem „weißen Blatt Papier“ statt. Nachfolgenerationen ( $G_{i,Nachfolger}$ ) basieren zu einem großen Teil auf der Vorgängergeneration, Derivate ( $G_{i,Derivat}$ ) nutzen das Grundfahrzeug ( $G_i$ ) als Basis-Referenzprodukt. Auch für Fahrzeugprojekte mit hohem Neuentwicklungsanteil (PV + GV), wie bei der Entwicklung einer neuen Modellreihe ( $G_1$ ), werden Referenzprodukte genutzt. Baukästen geben auf der Ebene von Modulen Referenzprodukte vor und Plattformen definieren wesentliche Gestalt- und Prinzipielemente der Fahrzeugarchitektur für eine neue Produktgeneration. Das durch das Produktprofil beschriebene initiale Zielsystem muss, dem Ansatz der PGE folgend, mit diesen lösungsspezifischen Einschränkungen gegenübergestellt werden, um die Produktgeneration initial zu bewerten und eine systematische PGE zu ermöglichen.

Die Profilverfindung kann dabei nicht von der Ideenfindung losgelöst betrachtet werden. Neben zentralen Referenzprodukten, wie der Vorgängergeneration ( $G_{i-1}$ ), stellen auch bereits erarbeitete Produktideen und -konzepte Einschränkungen des Lösungsraums dar und repräsentieren damit den aktuellen Stand der technischen Realisierung. Mit dem Projektauftrag startet die Ideenfindung für entsprechende Fahrzeugkonzepte. Je nach Entwicklungssituation ist das beschriebene Gesamtfahrzeugkonzept mehr oder weniger spezifisch. Auch Technologie-Roadmaps definieren einen Planungsstand für den Zeitpunkt der initialen Zielsystembildung. Die Vorentwicklung liefert unter Umständen bereits Validierungsergebnisse für ausgewählte technische Teilsysteme. Diese Lösungen und Referenzprodukte bilden die Basis für die Bewertung der notwendigen Aufwände zur Realisierung des Produktprofils der neuen Produktgeneration (vgl. Abbildung 6-19).

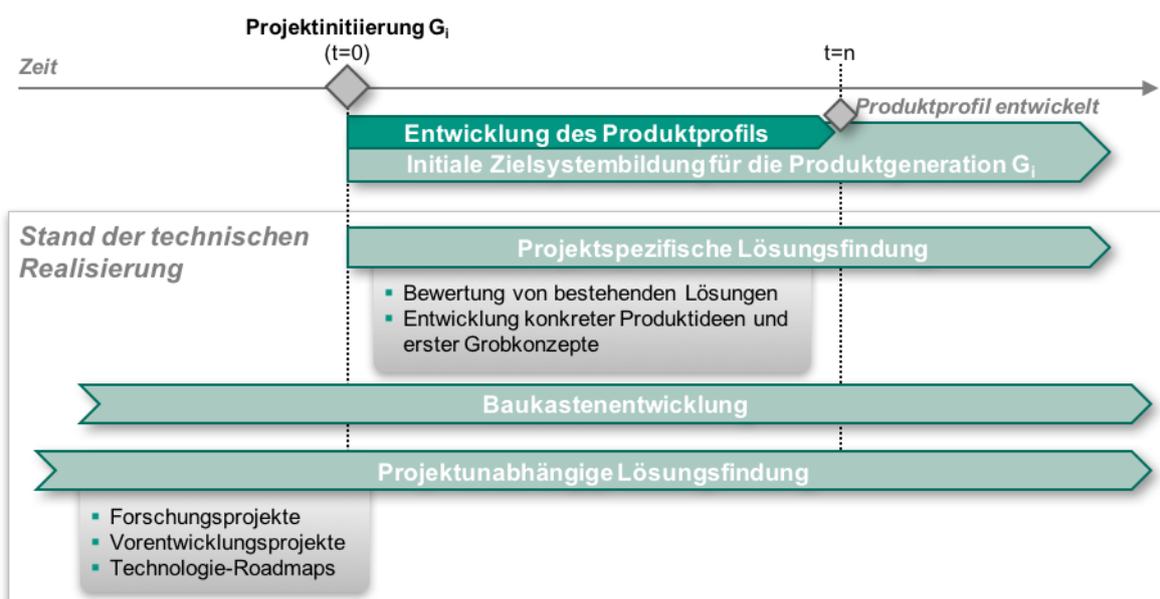


Abbildung 6-19: Gegenüberstellung der Zielsystembildung für eine Produktgeneration  $G_i$  mit dem aktuellen Stand der technischen Realisierung im Modell der PGE

Die Abbildung zeigt schematisch den Zusammenhang zwischen der projektunabhängigen Lösungsfindung, der Baukastenentwicklung, dem projektspezifischen Stand der technischen Realisierung und der Profilfindung im Rahmen der initialen Zielsystembildung. Außerdem wird veranschaulicht, dass bereits vor Beginn des eigentlichen Entwicklungsprojektes der Lösungsraum eingeschränkt wird ( $t=0$ ) und dass zum Zeitpunkt des fertiggestellten Profils der projektspezifische Lösungsfindungsprozess bereits fortgeschritten ist ( $t=n$ ) (Albers, Heitger et al., 2018c). Ziel der Gegenüberstellung des aktuellen Stands der technischen Realisierung mit dem erarbeiteten Produktprofil ist es, frühzeitig Zielkonflikte zu identifizieren und Ansätze zur Lösung aufzuzeigen. Dabei müssen verschiedene Referenzprodukte auf den unterschiedlichen Ebenen des Produktmodells des Kundennutzens bewertet werden. Insbesondere auf Ebene der Teilsysteme können Referenzprodukte vielfältig sein. Auf der Ebene des Gesamtfahrzeugs bildet, sofern vorhanden, der Vorgänger das zentrale Referenzprodukt. Teilweise werden jedoch auch gezielt technische Systeme aus anderen Modellreihen verwendet oder es wird sich aus einem Baukasten bedient. Abstrakte Referenzprodukte können auch Technologien oder Systeme aus Vorentwicklungsprojekten oder sogar der Forschung sein.

### 6.3.2.1 Zielkonfliktmanagement

Aus der Gegenüberstellung der notwendigen Eigenschaftsdifferenzierung bzw. Differenzierungsmerkmale aus dem Eigenschaftsprofil mit dem aktuellen Stand der technischen Realisierung der Produktgeneration lassen sich Zielkonflikte identifizieren. Für Produktgenerationen, deren Markteinführung weit in der Zukunft liegt, (z.B.  $G_{n+2}$ ) ist häufig nur eine qualitative Einschätzung möglich, ob mit dem aktuellen technischen Fahrzeugkonzept der geforderte Kundennutzen erreicht werden kann. Abbildung 6-20 zeigt anhand eines beispielhaften Polaritätsdiagramms für eine Produktgeneration ( $G_i$ ) die möglichen Zielkonflikte aufgrund des Abgleichs mit dem aktuellen Stand der technischen Realisierung.

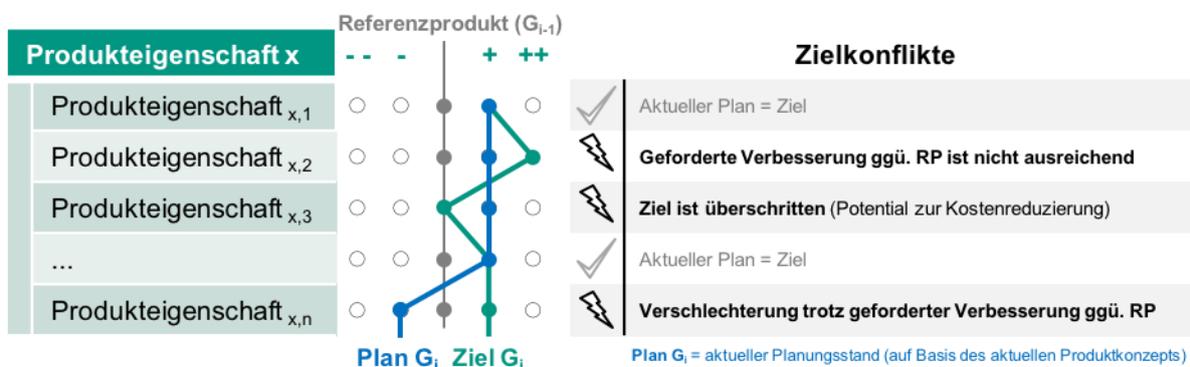


Abbildung 6-20: Konflikte zwischen Eigenschaftsprofil und aktuellem Stand der technischen Realisierung im Modell der PGE nach HIRSCHTER, HEITGER ET AL. (2018)

Konflikte zwischen dem Produktprofil und dem aktuellen Stand der technischen Realisierung sollten frühestmöglich transparent gemacht werden, um notwendige Maßnahmen rechtzeitig zu initiieren. Oftmals ergeben sich die Konflikte dabei aus den Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Teilsystemen. Gemäß der in Abschnitt 6.2.1 vorgestellten Abstraktionsgrade der Produktmodellierung beeinflussen Hardware- und Softwarekomponenten und Produktfunktionen die Produkteigenschaften. Komponenten beeinflussen dabei zumeist mehrere Produktfunktionen.<sup>95</sup> Produktfunktionen wiederum können Auswirkungen auf verschiedene Produkteigenschaften haben. Hieraus ergeben sich Konflikte, sowohl auf der Ebene technischer Teilsysteme, bestehend aus Hardware- und Softwarekomponenten, als auch auf Ebene der Produktfunktionen. Abbildung 6-21 illustriert dies beispielhaft anhand der Auswirkungen durch die Anpassung des Kupplungssystems auf die Produktfunktionen „Start-Stopp“, welche den Motor im Stand abschaltet und ihn automatisch wieder startet sowie den „Rennstart“, welcher ein besonders performantes Anfahrverhalten ermöglicht. Exemplarisch sind positive Wechselwirkungen (grün) und negative Wechselwirkungen (rot) mit den Produkteigenschaften hervorgehoben.

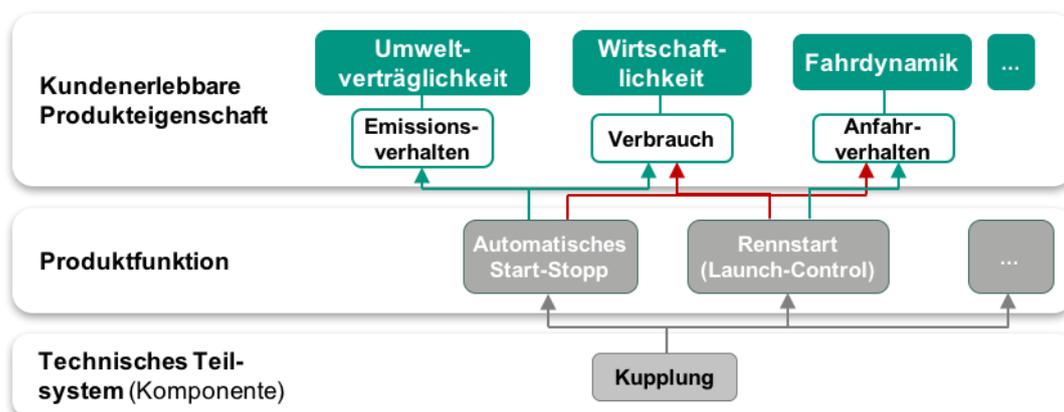


Abbildung 6-21: Beispiel für die Wechselwirkungen von Komponenten, Produktfunktionen und kundenerlebbaren Produkteigenschaften im Modell der PGE

Durch die Abstraktion von Zielkonflikten auf der Ebene technischer Teilsysteme (Komponenten) und Produktfunktionen auf der Ebene kundenerlebbarer Eigenschaften lassen sich diese entsprechend priorisieren und in eine konkrete Entscheidungsfindung für den technischen Zielkonflikt überführen. Für das in Abbildung 6-21 gezeigte Beispiel bedeutet dies, dass sich die Anforderungen an das Kupplungssystem durch dessen Auswirkungen auf das Produktprofil bewerten lassen. Beispielsweise muss eine bestehende Kupplung aus einem Baukasten hinsichtlich der

<sup>95</sup> Insbesondere im Kontext komplexer mechatronischer Systeme, wie dem Automobil, und zunehmender Funktionsintegration steigt der Einfluss einzelner Komponenten auf Funktionen des Gesamtfahrzeugs

funktionalen Anforderungen (z.B. Start-Stopp, Rennstart, ...) untersucht werden, da sonst möglicherweise Differenzierungsziele gefährdet sind (z.B. Fahrdynamik). Abbildung 6-22 fasst die Inhalte der Bewertung des Produktprofils zusammen.



Abbildung 6-22: Bewertung des Produktprofils durch die Gegenüberstellung von Produktfunktionen mit technischen Teilsystemen nach ALBERS, HEITGER ET AL. (2018c)

Es wird deutlich, dass die lösungs offenen und lösungsspezifischen Inhalte des Produktprofils soweit konkretisiert werden müssen, dass sie einer Bewertung zugänglich gemacht werden können. Produktfunktionen unterstützen die Konkretisierung des Produktprofils und ermöglichen die Verknüpfung zwischen der abstrakten Ebene der Produkteigenschaften und den konkreten technischen Teilsystemen, bestehend aus Hardware- und Softwarekomponenten. Es geht daraus auch hervor, dass Referenzprodukte sowohl zur Beschreibung der Differenzierung als auch zur Bewertung notwendiger Neuentwicklungsanteile (PV + GV) und Übernahmevariationsanteile (ÜV) genutzt werden.

Durch die Bewertung des aktuellen Stands der technischen Realisierung gegenüber dem Produktprofil lassen sich neben der Konkretisierung von Anforderungen an technische Teilsysteme auch Innovationslücken identifizieren. Eine Innovationslücke kann als identifizierte Forderung im Produktprofil verstanden werden, die nicht durch den aktuellen Stand der technischen Realisierung bedient wird. Zusammenfassend dient die initiale Bewertung des Produktprofils damit der Identifikation von Handlungsfeldern: Zum einen zur Erreichung der Ziele im Produktprofil und zum anderen zu notwendigen Anpassungen im Zielsystem. Damit wird die Konformität zwischen Zielsystem und Fahrzeugkonzept erhöht und notwendige Spezifikationsbedarfe werden aufgezeigt, um die Produktgeneration frühzeitig im Entwicklungsprozess bewerten zu können und somit die Grundlage für eine systematische PGE zu legen.

### 6.3.3 Modellierung im iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell

Der in den Abschnitten zuvor detailliert beschriebene Referenzprozess zur initialen Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE in der Automobilentwicklung wird abschließend im iPeM modelliert. Abbildung 6-23 zeigt die einzelnen Phasen des Referenzprozesses im Phasenmodell und ordnet die beschriebenen Tätigkeiten den Aktivitäten der Produktentstehung zu. Die Zeitangaben für die einzelnen Prozessschritte sind dabei nur als Richtwerte zu verstehen. Die Dauer hängt stark von den projektbezogenen Randbedingungen ab (z.B. verfügbare Ressourcen) und in der Realität findet der Prozess der initialen Zielsystembildung parallel zu anderen Prozessen statt. Dadurch kann es mitunter zu starken zeitlichen Verwerfungen zwischen den Phasen, aber auch innerhalb einer Phase, kommen.

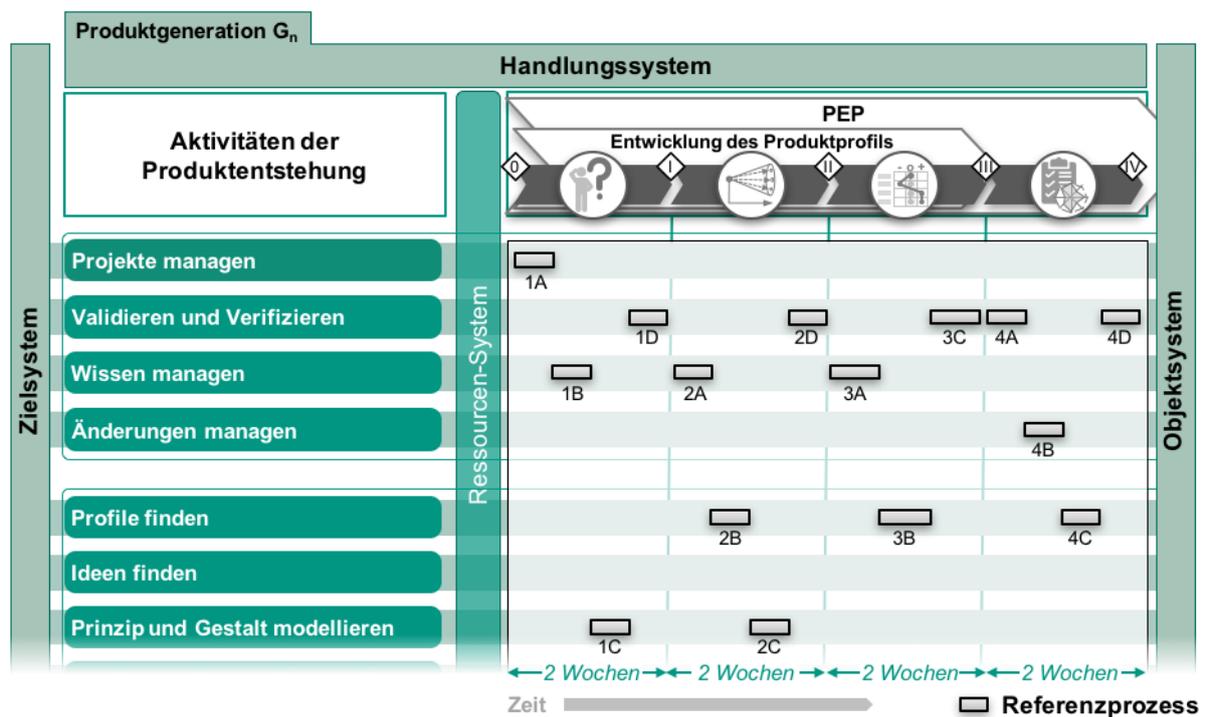


Abbildung 6-23: Modellierung des Referenzprozesses im iPeM

#### I. Bewertung der Entwicklungssituation

Durch die erste Phase, die Bewertung der Entwicklungssituation, wird eine erste Risikobewertung ermöglicht sowie die Identifikation von Referenzprojekten unterstützt. Durch eine frühzeitige Priorisierung von Entwicklungsinhalten lässt sich dabei die Effizienz projektspezifisch steigern. Durch den Projekt- bzw. Entwicklungsauftrag (0) wird der Prozess der initialen Zielbildung angestoßen. Zu Beginn müssen initiale Projektmanagement-Aufgaben durchgeführt werden, wie das Allokieren von Ressourcen oder Erstellen von Zeitplänen (1A). Basierend auf dem verfügbaren Wissen zur vorliegenden Entwicklungssituation (1B), z.B. durch die Identifikation von Referenzprojekten, kann das Produktmodell des Kundennutzens durch die Auswahl der entsprechenden Produkteigenschaften modelliert werden (1C). Den Abschluss der

Phase bildet die Validierung des Produktmodells (1D). Das Ergebnis der ersten Phase ist damit, neben dem Produktmodell des Kundennutzens, eine erste Einschätzung des Risikos und Aufwands der Entwicklungsaufgabe (I).

### **II. Umfeldanalyse und -prognose**

In der zweiten Phase, der Umfeldanalyse und -prognose, werden Informationen zu Randbedingungen und Prämissen gezielt für die Entwicklung der Produktgeneration bereitgestellt und aufbereitet. Hierfür ist es notwendig, verfügbares Wissen in der Organisation zu identifizieren und auszutauschen (2A). Diese Informationen bilden die Grundlage des Produktprofils für die Produktgeneration und müssen entsprechend aufbereitet werden (2B). Außerdem werden Informationen zu internen und externen Referenzprodukten konkretisiert und in Form von Referenzprodukt-Modellen beschrieben (2C) und anschließend validiert (2D). Mit Abschluss dieser Phase liegen damit die Informationen zur Beschreibung des Produktprofils vor (II).

### **III. Entwicklung des Eigenschaftsprofils**

In der dritten Phase wird der Kundennutzen konkretisiert und das Eigenschaftsprofil bereichsübergreifend entwickelt. Neben Informationen zu Referenzprodukten müssen weitere Umfeldinformationen aus der Umfeldanalyse und -prognose bereitgestellt werden (3A). Im Anschluss soll das Eigenschaftsprofil durch die fachbereichsübergreifende Bewertung der notwendigen Differenzierung entwickelt werden. Das Ergebnis stellt ein oder mehrere Profile inklusive notwendiger Begleitinformationen auf Basis des projektspezifischen Produktmodells des Kundennutzens dar (3B). Durch das Eigenschaftsprofil wird die Beschreibung aus der Umfeldanalyse und -prognose konkretisiert. Durch die Zusammenfassung und Visualisierung der Ergebnisse der ersten drei Phasen wird das Produktprofil gebildet. Abschließend wird das Produktprofil validiert (3C), indem Kunden- und Anbieternutzen mit den Projektprämissen aus dem Projektauftrag gegenübergestellt werden.

### **IV. Produktprofil initial bewerten**

Einer systematischen PGE – Produktgenerationsentwicklung folgend, ist es notwendig den Bezug zwischen dem im ersten Schritt weitgehend von der Lösungsfindung losgelösten Produktprofil und den bereits bestehenden projektspezifischen Lösungen herzustellen. Hierdurch können Zielkonflikte identifiziert und Handlungsfelder aufgezeigt werden. Daher sollen die Ergebnisse des Produktprofils zur Verifizierung an bestehenden Konzepten und Ideen in der Entwicklung – dem aktuellen Stand der technischen Realisierung – gespiegelt werden (4A). Aufgedeckte Zielkonflikte können zu Anpassungen des technischen Systems bzw. Komponenten führen (4B), z.B. durch Identifikation von Neuentwicklungs- und Übernahmevarianteanteilen. Auch Auswirkungen auf das Produktprofil und eventuelle Anpassungen können resultieren

(4C). Die Anpassungen am Profil müssen entsprechend validiert werden (4D). Durch die Gegenüberstellung werden Kunden- und Anbieternutzen konkretisiert und damit die Bewertung des Entwicklungsrisikos detailliert (IV).

### 6.3.4 Werkzeuge zur methodischen Unterstützung des Referenzprozesses

Zur Unterstützung des Prozesses der initialen Zielsystembildung wurden im Rahmen der Forschungsarbeit Werkzeuge entwickelt, welche die einzelnen Phasen des Referenzprozesses unterstützen. Im Folgenden werden diese Werkzeuge erläutert.

#### 6.3.4.1 Risiko-Framework: Kategorisierung von Entwicklungssituationen

Die Charakteristika der unterschiedlichen Entwicklungssituationen lassen sich komprimiert in Form eines Frameworks abbilden. Dies erlaubt zum einen die Identifikation von Referenzprojekten mit vergleichbaren Anforderungen und zum anderen eine initiale Abschätzung des Entwicklungsrisikos. Zentrale Dimensionen sind der zu erwartende Neuentwicklungsanteil (PV + GV) für die Produktgeneration in Abhängigkeit von der Entwicklungssituation sowie die Zeit bis zur Markteinführung der Produktgeneration. Das Risiko lässt sich dabei in Form eines Portfolios abschätzen. Hieraus lassen sich Anforderungen an das Produktmodell des Kundennutzens ableiten. Abbildung 6-24 skizziert exemplarisch das zuvor beschriebene Framework.

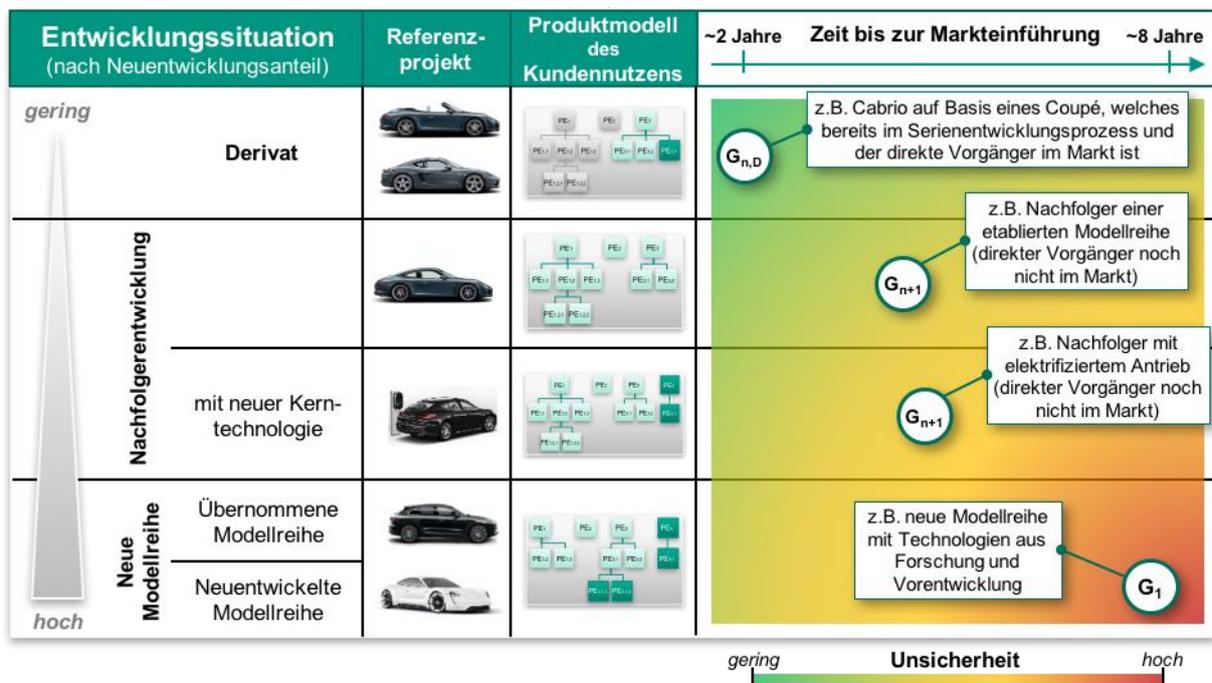


Abbildung 6-24: Risiko-Framework zur Kategorisierung von Entwicklungssituationen in der Automobilentwicklung im Modell der PGE nach MÜLLER (2016)<sup>96</sup>

<sup>96</sup> Co-betreute Abschlussarbeit; Bildquellen: www.porsche.de

### 6.3.4.2 Eigenschaftssteckbrief: Strukturierung von Umfeldinformationen

Die Informationen, welche im Rahmen der Umfeldanalyse und -prognose erarbeitet werden, liegen verteilt und unstrukturiert vor. Um Umfeldinformationen für die cross-funktionale Entwicklung des Eigenschaftsprofils bereitzustellen, können diese aggregiert in Form von Steckbriefen zusammengefasst werden (Hirschter, Heitger et al., 2018). Idealerweise werden die Steckbriefe anhand kundenerlebbarer Produkteigenschaften gegliedert. Dies ermöglicht eine gezielte Bereitstellung von Umfeldinformationen für eine Bewertung der Produkteigenschaften, wie z.B. zentrale Randbedingungen zu einem Eigenschaftsfeld. Die Zuordnung und Strukturierung der Informationen sollte dabei die Anforderungen der unterschiedlichen Fachbereiche berücksichtigen und ein möglichst umfassendes Verständnis des Umfelds ermöglichen. Neben dem Verständnis der aktuellen Produktgeneration im Markt ( $G_{n-1}$ ) sollten Trends zur Ableitung von Anforderungen aufbereitet werden. Wettbewerbsinformationen sind genauso zu berücksichtigen wie Kunden- und Marktinformationen. Referenzprodukte sollten möglichst genau benannt und spezifiziert werden. Auch der Bezug zu übergeordneten Strategien bspw. in Form von Szenarien sollte hergestellt werden. Abbildung 6-25 zeigt eine entsprechende Vorlage für Eigenschaftssteckbriefe.

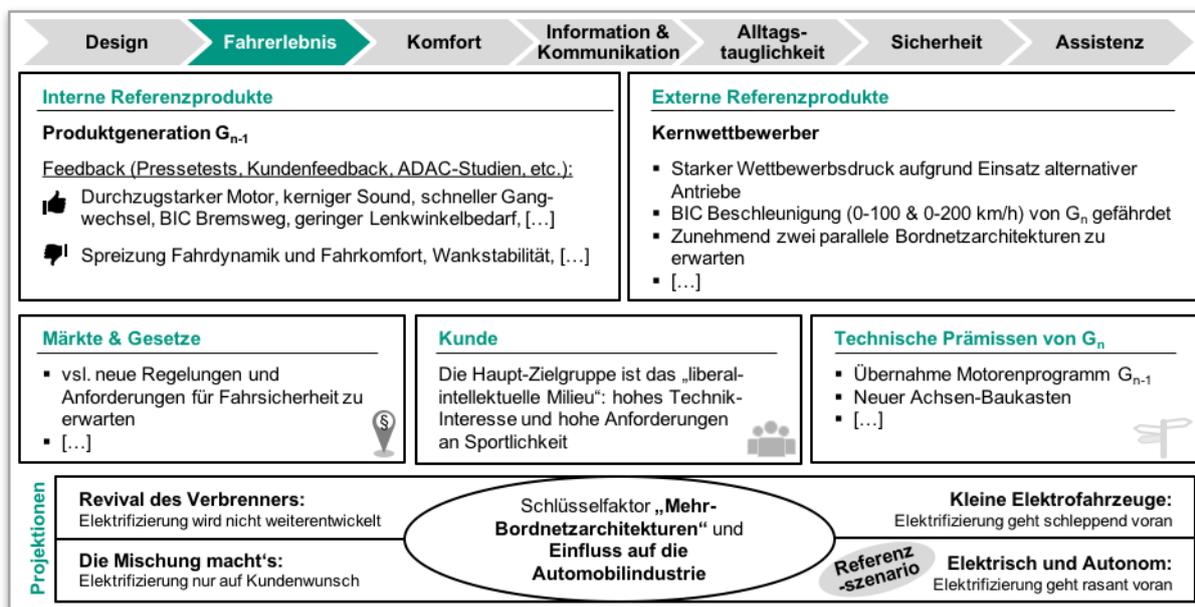


Abbildung 6-25: Beispiel für einen Eigenschaftssteckbrief im Modell der PGE nach HIRSCHTER, HEITGER ET AL. (2018)

### 6.3.4.3 Referenzprodukt-Datenbank: Strukturierung und Auswertung von Referenzproduktinformationen

Zur Unterstützung der strukturierten Bereitstellung von Referenzproduktinformationen wurde im Rahmen der Forschungsarbeit ein prototypisches Tool entwickelt. Dessen Zweck ist die Überführung von (teil-)strukturierten Informationen zu

Referenzprodukten in das projektspezifische Produktmodell des Kundennutzens. Dies soll den effizienten Umgang mit den verfügbaren Informationen für die Zielsystembildung verbessern (vgl. Abbildung 6-26).



Abbildung 6-26: Schematischer Ablauf der projektspezifischen Bereitstellung von Referenzproduktinformationen

Das Tool besteht aus zwei Datenbanken. Die erste Datenbank verwaltet Strukturen (Referenzproduktmodelle) und deren Verknüpfungen – die zweite Datenbank Referenzprodukte und zugehörige Informationen.

Grundlage der ersten Datenbank sind unterschiedliche Referenzproduktmodelle zur Beschreibung von Fahrzeugen oder Fahrzeuginhalten. Diese können dabei unternehmensintern, wie Eigenschaftsstrukturen oder technische Produktbeschreibungen, sein oder extern, wie Strukturen von Presettests oder technische Daten der Hersteller. Die Referenzproduktmodelle können in der Datenbank gepflegt werden. Außerdem werden Verknüpfungen zwischen den Referenzproduktmodellen verwaltet, welche entweder direkt in der Datenbank modelliert oder als Verknüpfungsmatrix eingelesen werden können. Abbildung 6-27 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

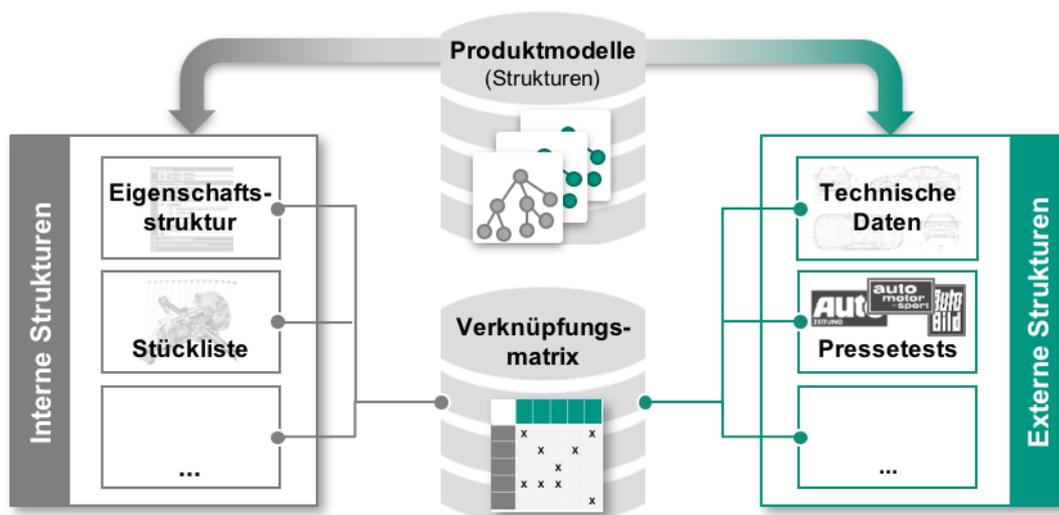


Abbildung 6-27: Verwaltung und Verknüpfung von Strukturen (schematisch)

Die Verknüpfungen zwischen internen Strukturen untereinander sowie externen mit internen sind dabei von übergeordnetem Interesse. Sie erlauben es, Informationen in das entsprechende Referenzproduktmodell zu übersetzen, wie z.B. Ergebnisse eines Presetests in die unternehmensinterne Eigenschaftsstruktur oder den Zusammenhang der Eigenschaftsstruktur mit den Bauteilen einer Stückliste. In Abbildung 6-28 ist die Bedienoberfläche für die Datenbank zur Verwaltung der Strukturen abgebildet.

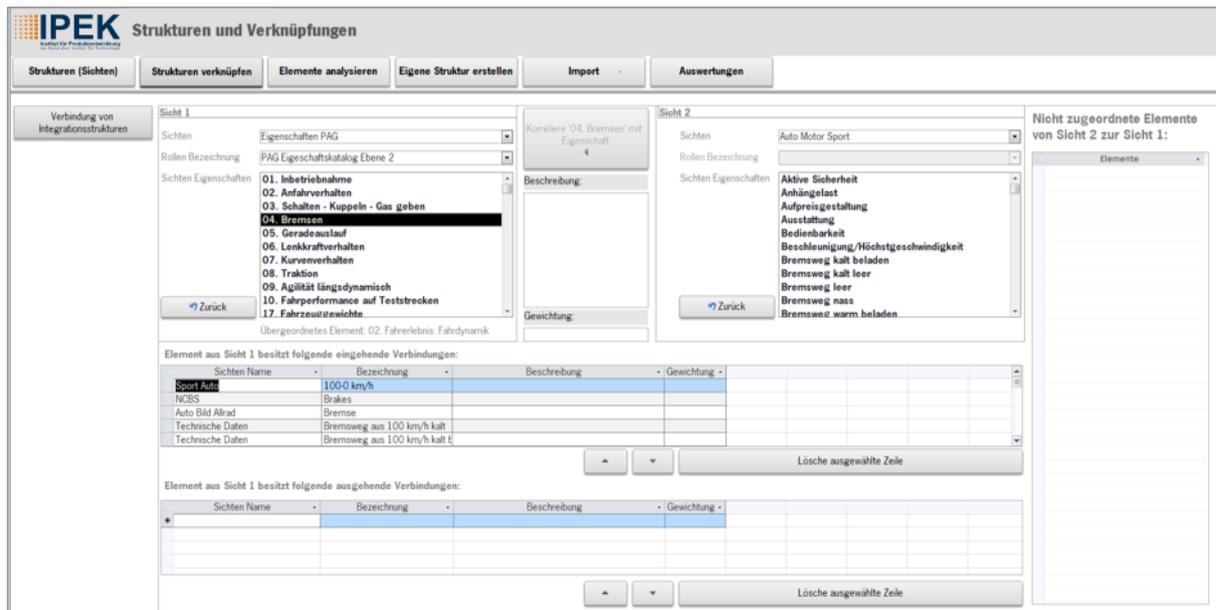


Abbildung 6-28: Bedienoberfläche des Tools zur Verwaltung und Verknüpfung von Strukturen

Die zweite Datenbank verwaltet Referenzprodukte. Die Informationen zu Fahrzeugen liegen in verschiedenen Strukturen vor. Sowohl quantitative Informationen, z.B. technische Daten, als auch qualitative Informationen, z.B. in Form von Fahrberichten, können abgelegt werden (vgl. Abbildung 6-29).

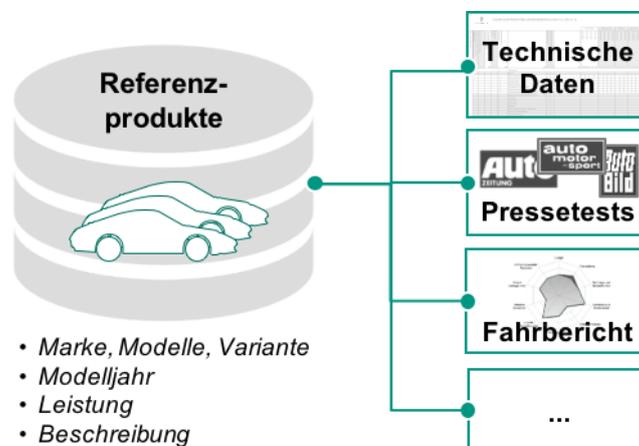


Abbildung 6-29: Informationen zur Beschreibung von Referenzprodukten

Die Datenbank zur Verwaltung der Referenzprodukte dient zum einen als projektunabhängiges Wissensmanagement-Tool zu internen und externen Referenzprodukten und ermöglicht zum anderen den projektspezifischen Vergleich zwischen Referenzprodukten. Abbildung 6-30 zeigt die Bedienoberfläche für die Datenbank zur Verwaltung von Referenzprodukten.

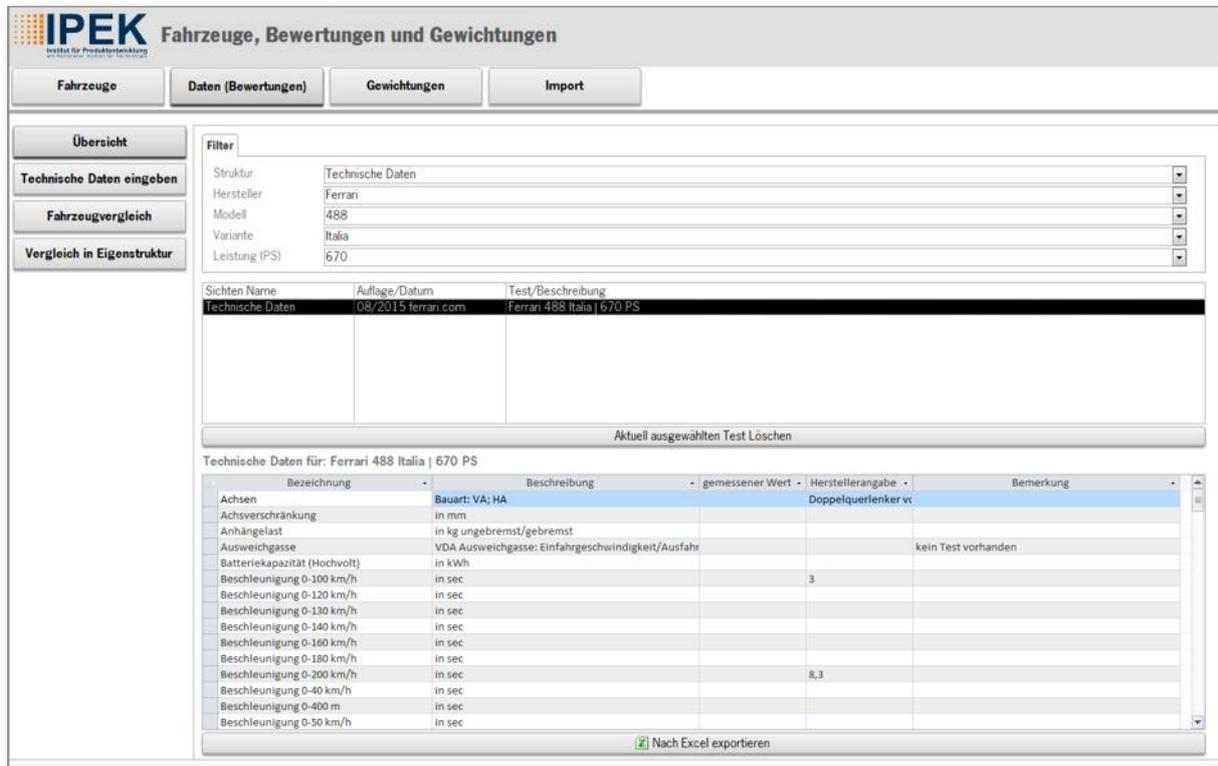


Abbildung 6-30: Bedienoberfläche des Tools zur Verwaltung von Referenzprodukten

Auf Basis standardisierter Eigenschaftsstrukturen oder auch Referenzprojekten können projektspezifische Produktmodelle des Kundennutzens erstellt werden (Eigenstruktur). Informationen zu Referenzprodukten liegen in der Regel nicht in dieser Struktur vor (Fremdstruktur).<sup>97</sup> Die generischen Verknüpfungen zwischen den Strukturen aus dem ersten Modul der Datenbank werden dann für das projektspezifische Produktmodell übernommen. Mit Hilfe der Datenbank können so gezielt Informationen zu Referenzprodukten aus verschiedenen Strukturen in das projektspezifische Produktmodell überführt werden. Auch der Vergleich unterschiedlicher Referenzprodukte in der Eigenstruktur ist damit möglich. Insbesondere bei der Abbildung von aktuellen Produktgenerationen als Referenzprodukt kann die Datenbank unterstützen, da Informationen für diese Fahrzeuge oftmals in (teil-)strukturierter Form vorliegen. Nachdem die Informationen

<sup>97</sup> Wettbewerbsinformationen können z.B. in Form technischer Datenblätter oder Pressetests vorliegen

in die Eigenstruktur überführt wurden, können Auswertungen und Visualisierungen erzeugt werden.<sup>98</sup> Abbildung 6-31 illustriert den Prozess.

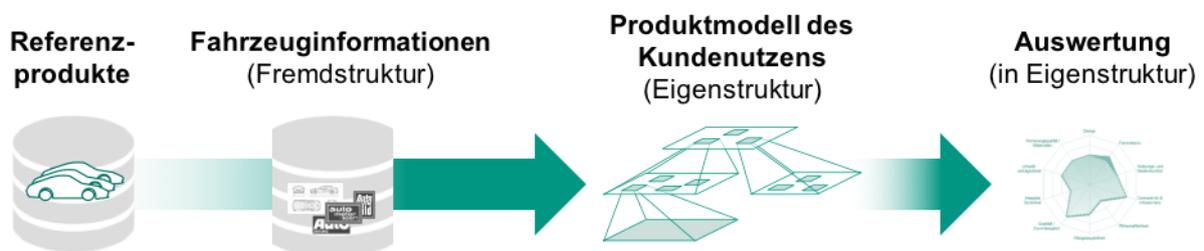


Abbildung 6-31: Projektspezifische Modellierung von Referenzprodukten

Projektspezifische Auswertungen lassen sich auf Basis der verfügbaren Strukturen und der verfügbaren Referenzprodukte in der Datenbank erstellen. Die notwendigen Inhalte, wie die Eigenstruktur, also das projektspezifische Modell des Kundennutzens, sowie Gewichtungsfaktoren zur Priorisierung einzelner Produkteigenschaften und Referenzprodukte, lassen sich in einer separaten Benutzeroberfläche modellieren (vgl. Abbildung 6-32). Die Ergebnisse können für die weitere Verarbeitung visualisiert und exportiert werden.

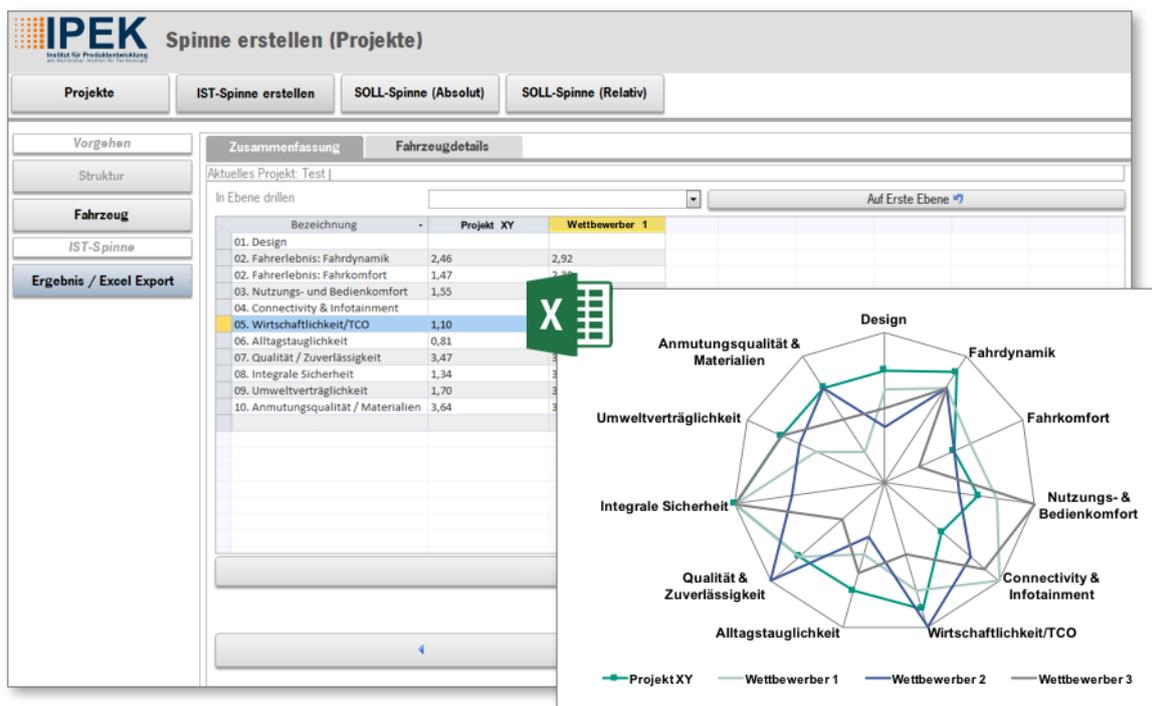


Abbildung 6-32: Benutzeroberfläche für projektspezifische Auswertungen und Beispiel für die Visualisierung der Ergebnisse

<sup>98</sup> z.B. Eigenschaftsspinnen zur Abbildung der Eigenschaftspositionierung von Referenzprodukten

#### 6.3.4.4 Tool zur Live-Bewertung von Produkteigenschaften

Die Analyse der Rahmenbedingungen in der „Frühen Phase“ in der Automobilentwicklung hat gezeigt, dass die Ressourcenverfügbarkeit gering ist.<sup>99</sup> Trotzdem muss die Verbindlichkeit für das initiale Zielsystem maximiert werden, bei gleichzeitig minimaler Einbindung des Top-Managements. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde daher ein Tool erarbeitet, um unter Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen ein über das Top-Management bestätigtes, verbindliches Produktprofil zu erarbeiten. Prämisse war dabei, die bestehende Gremienlandschaft zu nutzen und den Aufwand für die Entscheider zu minimieren.

Basierend auf einer aggregierten Umfeldanalyse und -prognose (vgl. Abschnitt 6.3.1.2) werden innerhalb bestehender Entscheidungs-Gremien gemeinsam Produktprofile entwickelt und diskutiert. Nachdem alle relevanten Produkteigenschaften bewertet wurden, wird direkt im Anschluss das Ergebnis ausgewertet und diskutiert. Das daraus resultierende gremienspezifische Eigenschaftsprofil kann dann mit Bewertungen durch andere Gremien gegenübergestellt werden.<sup>100</sup> Durch die Konsolidierung der Ergebnisse aus verschiedenen Gremien (z.B. Entwicklung und Vertrieb) wird die Transparenz für Anforderungen an die Produktgeneration gesteigert und Zielkonflikte aufgedeckt. Abbildung 6-33 zeigt schematisch den Prozess auf.<sup>101</sup>

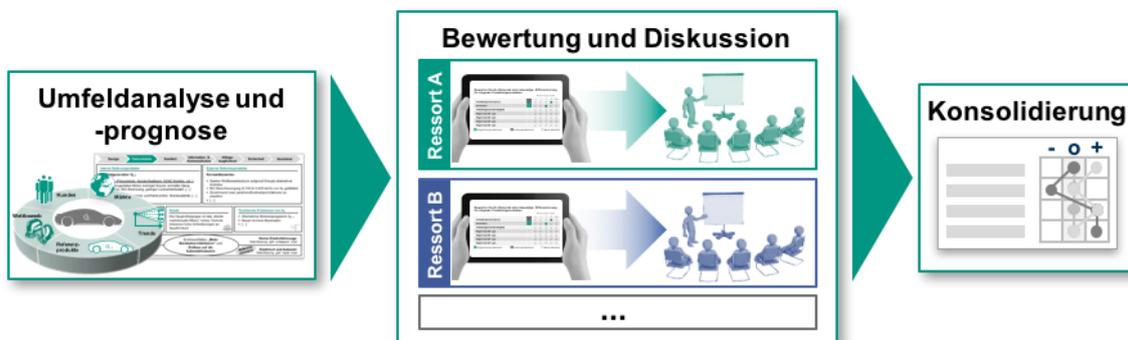


Abbildung 6-33: Schematischer Ablauf des Prozesses zur Bewertung

Ein Moderator führt durch die Bewertung und stellt nacheinander für die Eigenschaftsfelder wichtige Informationen aus der Umfeldanalyse und -prognose vor (z.B. Technologieentwicklungen oder Wettbewerbsprognosen).<sup>102</sup> Im Anschluss erstellt jeder Teilnehmer individuell anhand einer vorgegebenen Auswahl von

<sup>99</sup> vgl. Abschnitt 5.1.2

<sup>100</sup> z.B. in Entscheidungsgremien des Entwicklungsressorts, des Vertriebsressorts etc.

<sup>101</sup> Alternativ kann die Durchführung individueller Bewertungen im Vorfeld der Gremien erfolgen (z.B. durch die Verteilung eines Online-Link). In den Gremien selbst werden dann nur die Ergebnisse diskutiert. Die Vorstellung der Informationen zum Umfeld muss dann entsprechend auf ein Online-Format angepasst werden.

<sup>102</sup> z.B. unter Zuhilfenahme der Eigenschaftssteckbriefe aus Abschnitt 6.3.4.2

Produkteigenschaften ein Eigenschaftsprofil. Hierzu werden bestehende Ressourcen wie Smartphones, Tablets und Notebooks genutzt (vgl. Abbildung 6-34).<sup>103</sup>

Abbildung 6-34: Prototyp zur Live-Bewertung von Produkteigenschaften

Bei der individuellen Bewertung durch die Entscheider soll insbesondere die Differenzierung gegenüber Referenzprodukten bewertet werden. Die Relevanz von Produkteigenschaften lässt sich z.B. anhand der Merkmalsklassifizierung nach dem Kano-Modell bewerten.<sup>104</sup> Bei der Bewertung der notwendigen Differenzierung müssen zwei Fälle unterschieden werden: Produkteigenschaften, die eine ordinale Skalierung zulassen und charakterliche Produkteigenschaften (vgl. Abbildung 6-35).

**1** Begeisterungs-Merkmal

**2** Leistungs-Merkmal

**3** Basis-Merkmal

Abbildung 6-35: Bewertung ordinal skalierbarer Produkteigenschaften (oben) und charakterlicher Produkteigenschaften (unten)

<sup>103</sup> Tools, mit dem entsprechenden Funktionsumfang für eine solche Bewertung, sind sowohl kommerziell (z.B. Qualtrics ([www.qualtrics.com](http://www.qualtrics.com))) als auch Open-Source (z.B. LimeSurvey ([www.limesurvey.org](http://www.limesurvey.org))) verfügbar

<sup>104</sup> vgl. Abschnitt 6.3.1.3

Für Produkteigenschaften, die eine ordinale Kategorisierung ermöglichen (1), kann die Skalierung z.B. in einem Polaritätsprofil erfolgen (z.B. besser bzw. schlechter als Referenzprodukt). Die Bewertung der Differenzierung charakterlicher Produkteigenschaften lässt dies nicht zu (2). In diesem Fall lässt sich lediglich eine qualitative Abschätzung des notwendigen Differenzierungsgrads abgeben (z.B. starke oder geringe Differenzierung gegenüber Referenzprodukt). Der Beschreibung der Differenzierung kommt damit eine besondere Bedeutung zu. Idealerweise sollten Referenzprodukte vorgegeben werden, um die Vergleichbarkeit sicherzustellen. In der Regel wird hierbei auf interne Referenzprodukte verwiesen. Sofern vorhanden, bietet sich hierfür der Vorgänger an.

Die individuellen Bewertungen werden im Anschluss zusammengefasst und statistisch ausgewertet. Abbildung 6-36 zeigt beispielhaft den Auszug der Auswertung einer Befragung.

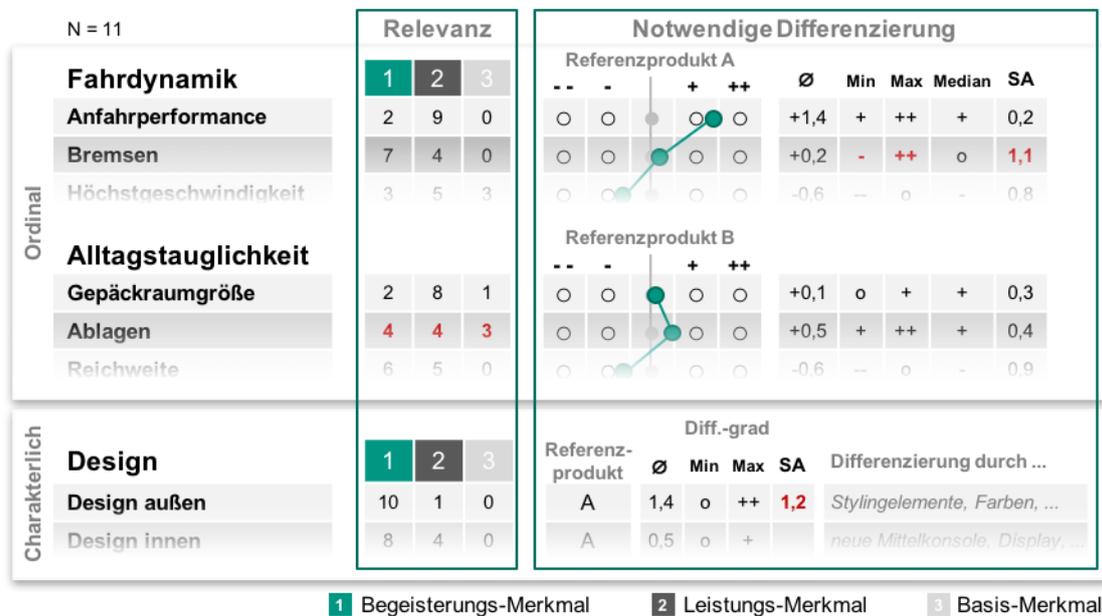


Abbildung 6-36: Auswertung einer Eigenschaftsbewertung (Beispiel)

Wichtige Kenngrößen für die Bewertung der jeweiligen Produkteigenschaften sind der Mittelwert, die minimale und maximale Ausprägung, der Median und die Standardabweichung. Basierend auf diesen Kenngrößen kann das Ergebnis diskutiert werden. Hierbei sind insbesondere diejenigen Produkteigenschaften fokussiert zu betrachten, bei denen die Ergebnisse heterogen oder sogar widersprüchlich sind.<sup>105</sup> Die quantitative Auswertung der Daten ist jedoch nur ein Indikator für Positionierungskonflikte und bildet die Grundlage für eine qualitative Diskussion. Die Bewertungen für charakterliche Produkteigenschaften lassen nur begrenzt statistische

<sup>105</sup> Beispiel: Ein Teil der Befragten fordert eine Verbesserung des Bremsverhaltens gegenüber dem Referenzprodukt, ein anderer Teil lässt sogar eine Verschlechterung zu.

Auswertungen zu und erfordern einen höheren inhaltlichen Auswertungsaufwand. Für die notwendige Differenzierung lässt sich lediglich der Differenzierungsgrad statistisch auswerten. Zusätzlich von großer Relevanz ist die Auswertung der qualitativen Beschreibung der Differenzierung. Hieraus geht unter anderem hervor, wie der Neuentwicklungsanteil technischer Systeme variiert werden sollte.

Neben der Heterogenität in der Profilierung innerhalb der Ressorts lassen sich so auch Unterschiede in den Anforderungen zwischen den Ressorts bewerten, um der Cross-Funktionalität des Zielbildungsprozesses gerecht zu werden. Wichtig sind hierbei insbesondere die Begründungen für die Relevanz und die notwendige Differenzierung, um eine Konsolidierung der Ergebnisse im Nachgang zu ermöglichen. Abweichungen zwischen den verschiedenen Gremien lassen sich nicht ausschließlich durch die statistische Auswertung begründen, sondern erfordern eine inhaltliche Interpretation der Bewertung. Nicht alle Konflikte bei der Bewertung der Fahrzeugdifferenzierung können gelöst werden. Zur Moderation zwischen Zielkonflikten ist es notwendig, die Begründungen für die jeweiligen Bewertungen entsprechend zu protokollieren.

Die Live-Bewertungen stellen eine aufwandsreduzierte Möglichkeit mit direktem Entscheidungscharakter dar. Der Hauptaufwand beschränkt sich auf die Beschaffung und Aggregation der Informationen für die Umfeldanalyse, die Auswahl einer geeigneten Eigenschaftsstruktur und die systemische Vorbereitung. Die bewertenden Entscheider selbst werden nur minimal beansprucht. Durch die direkte Diskussion der Ergebnisse im Anschluss an die Bewertung wird die Transparenz für die Ziele erhöht und die Akzeptanz gesteigert. Der interaktive Charakter einer Live-Bewertung erhöht zusätzlich die Motivation und Teilnahmebereitschaft.

### **6.3.4.5 Steckbriefe zur Konkretisierung des Produktprofils**

Steckbriefe ermöglichen eine strukturierte Darstellung des Produktprofils. Fokus der nachfolgend vorgestellten Steckbriefe ist die Konkretisierung des Kundennutzens und die Gegenüberstellung mit der technischen Realisierung. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde ein *Funktionaler Produktsteckbrief* zur Beschreibung der Fahrzeuggeneration entwickelt, welcher die Produkteigenschaften und die funktionale Beschreibung einer Produktgeneration zusammenfasst. Die Konkretisierung der einzelnen Funktionen erfolgt im *Funktionssteckbrief*, welcher den spezifischen Zusammenhang einer Produktfunktion mit Produkteigenschaften und den technischen Teilsystemen aufzeigt.

#### **Funktionaler Produktsteckbrief**

Zur Auflösung von Zielkonflikten zwischen der technischen Realisierungsebene und dem Kundennutzen in Form kundenerlebbarer Produkteigenschaften können, den Abstraktionsgraden der Produktmodellierung folgend, Produktfunktionen genutzt

werden.<sup>106</sup> Zur übersichtlichen und handhabbaren Darstellung kann der Kundennutzen im Produktprofil durch seine Produkteigenschaften in einem *Funktionalen Produktsteckbrief* für die Produktgeneration  $G_i$  aggregiert beschrieben werden. Dieser setzt die lösungsoffene Beschreibung der Produktgeneration auf Basis von Produkteigenschaften und Produktfunktionen in Bezug zum lösungsspezifischen Referenzprodukt – zumeist der Vorgänger-Produktgeneration ( $G_{i-1}$ ). Kundenerlebte Produkteigenschaften werden dabei, z.B. in Form eines Polaritätsdiagramms, visualisiert, in dem die Vorgänger-Produktgeneration ( $G_{i-1}$ ) die Nulllinie darstellt. Die Differenzierung der Produktgeneration ( $G_i$ ) kann durch Produktfunktionen konkretisiert werden, welche sowohl neu sein können als auch aus anderen Referenzprodukten außerhalb der Produktlinie übernommen werden können. Zudem werden aus der Vorgänger-Produktgeneration ( $G_{i-1}$ ) übernommene Produktfunktionen beschrieben. Dieser lösungsoffene Steckbrief bildet damit eine aggregierte Zusammenfassung des Kundennutzens im Produktprofil für die Produktgeneration ( $G_i$ ) ab (vgl. Abbildung 6-37).

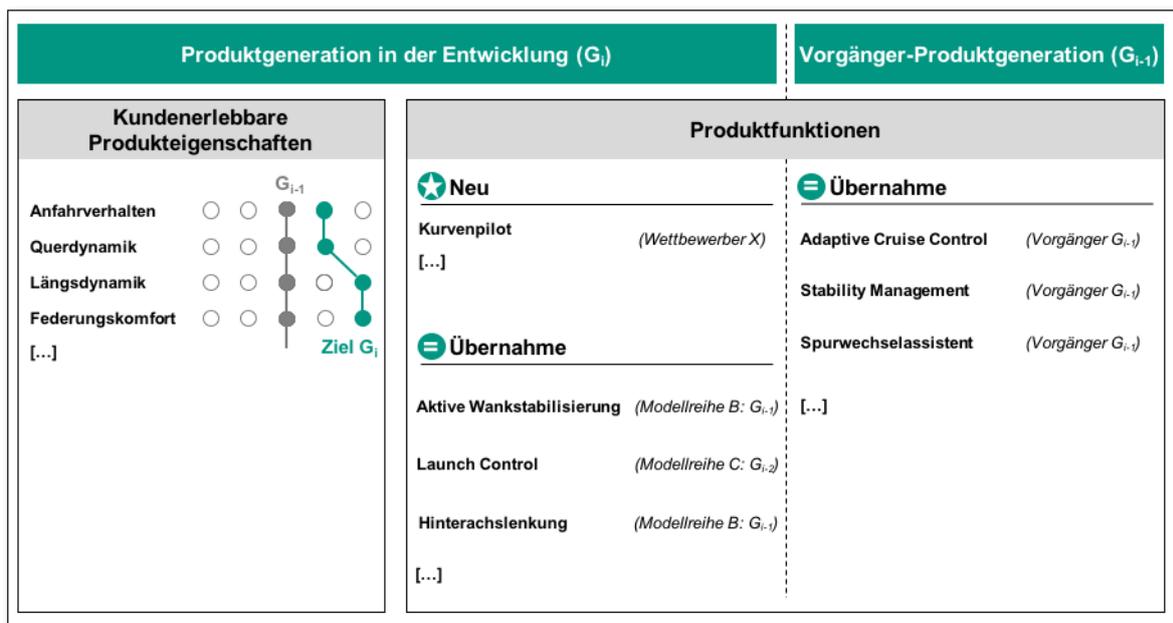


Abbildung 6-37: Beispiel für Funktionalen Produktsteckbrief im Modell der PGE nach HIRSCHTER, HEITGER ET AL. (2018)

Durch die Gegenüberstellung der geforderten Produkteigenschaften (Eigenschaftsprofil) mit der Produktfunktionalität wird eine initiale Bewertung der Produktgeneration möglich. Die durch die technische Realisierung geplante Funktionalität kann qualitativ mit den Produktzielen abgeglichen werden und somit frühzeitig Innovationslücken sowie funktionale Übererfüllungen identifiziert werden.

<sup>106</sup> vgl. Abschnitt 6.2.1 und Abschnitt 6.3.2

Auch die Erarbeitung eines optimierten Angebotskonzeptes, z.B. für die Differenzierung von Derivaten, kann unterstützt werden.

### Funktionssteckbrief

Die im Funktionalen Produktsteckbrief abgebildeten Produktfunktionen werden jeweils in einem *Funktionssteckbrief* differenziert beschrieben. Abbildung 6-38 zeigt diesen Zusammenhang.

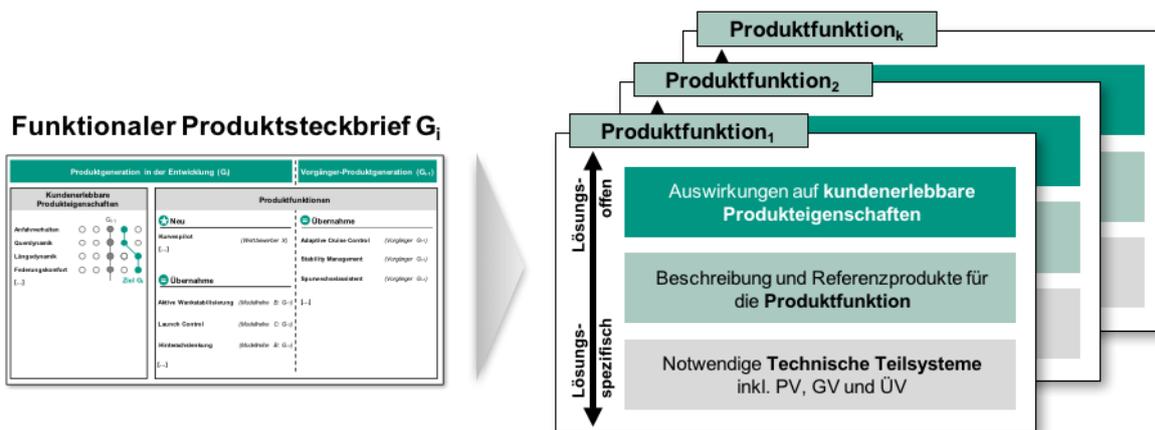


Abbildung 6-38: Funktionssteckbrief zur Konkretisierung des Funktionalen Produktsteckbriefs

Der Funktionssteckbrief ist nach kundenerlebten Produkteigenschaften, Produktfunktionen und technischen Teilsystemen strukturiert. Zunächst werden die durch die Produktfunktion beeinflussten kundenerlebten Produkteigenschaften aufgeführt und somit positive und negative Wechselwirkungen aufgezeigt. Außerdem wird die Produktfunktion detailliert beschrieben, z.B. ob es sich um eine neue oder übernommene Produktfunktion handelt, auf welchem Referenzprodukt sie basiert, welchen Zweck die Produktfunktion aus Sicht des Kunden bzw. Anwender erfüllt und welcher Fachbereich die Verantwortung trägt. Ergänzend erfolgt die Beschreibung der technischen Teilsysteme, die die Produktfunktion im Gesamtfahrzeug realisieren. Hierbei sind der Neuentwicklungs- und Übernahmevariationsanteil, die Nennung der Referenzprodukte sowie die organisatorische Verantwortung von wesentlicher Bedeutung (vgl. Abbildung 6-39). Auf Basis der Funktionssteckbriefe können somit initiale Zielkonflikte zwischen lösungsoffenen und lösungsspezifischen Anforderungen identifiziert und aufgelöst werden, sowohl für eine Produktfunktion als auch aggregiert für eine Produktgeneration.

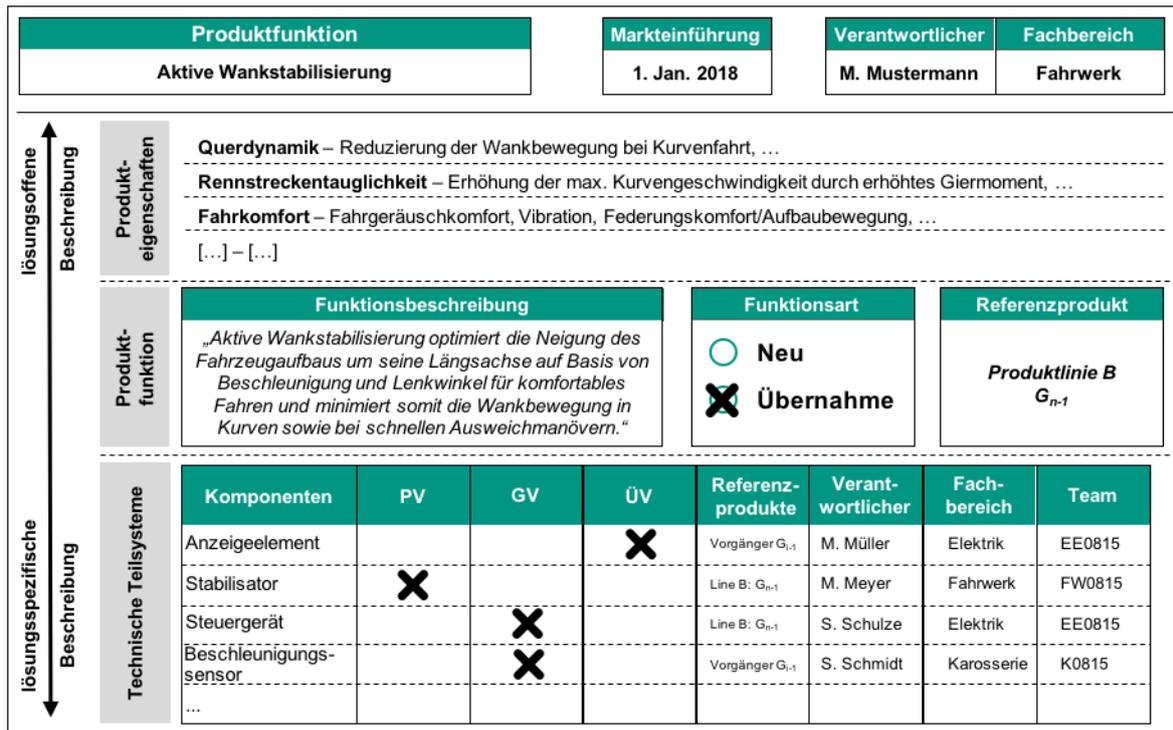


Abbildung 6-39: Beispiel für einen Funktionssteckbrief nach HIRSCHTER, HEITGER ET AL. (2018)

Der Funktionssteckbrief unterstützt damit die strukturierte Ableitung von Anforderungen aus einer lösungs-offenen Beschreibung durch Produkteigenschaften, über Produktfunktionen hin zu technischen Teilsystemen in Form von Hardware und Software. Gleichzeitig werden die Variationen auf der Ebene von Hardware- und Softwarekomponenten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Produktfunktion und damit die Produkteigenschaften bewertbar. Dadurch werden sowohl Schnittstellen und Zielkonflikte im mechatronischen Gesamtsystem aufgezeigt als auch organisationale Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Fachbereichen.

### 6.3.4.6 Zuordnung zu Aktivitäten im iPeM

Die im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelten Werkzeuge lassen sich als Teil des iPeMs im Rahmen des Referenzprozesses zur initialen Zielsystembildung abbilden. Das Risiko-Framework zur Kategorisierung der Entwicklungssituation (a) unterstützt die Situationsanalyse zum verfügbaren Wissen sowie die Situationsanalyse und Problemeingrenzung zur Modellierung eines projektspezifischen Produktmodells des Kundennutzens. Der Eigenschaftssteckbrief zur strukturierten Bereitstellung von Umfeldinformationen (b) unterstützt die Aufbereitung und Bereitstellung von Wissen und gibt eine Übersicht über die Ausgangssituation im Rahmen der Profilfindung. Die Referenzprodukt-Datenbank (c) zeigt alternative Lösungen für das verfügbare Wissen zu Referenzprodukten und hilft bei der Auswahl von Referenzprodukten für Produkteigenschaften im Produktmodell. Außerdem lassen sich Produktprofile von

verschiedenen Produktgenerationen vergleichen und damit die Situationsanalyse unterstützen. Das Tool zur Live-Bewertung von Produkteigenschaften (d) unterstützt maßgeblich die Aktivität „Profile finden“. Es unterstützt die Situationsanalyse und Problemeingrenzung durch die Moderation und Vorstellung der Inhalte der Umfeldanalyse und -prognose sowie den Detaillierungen zu Referenzprodukten. Durch die Live-Bewertung werden sowohl alternative Lösungen für Produktprofile generiert als auch durch die anschließende Diskussion Profile ausgewählt und hinsichtlich ihrer Tragweite initial bewertet. Auch die Entscheidungsfindung wird durch die Konsolidierung unterschiedlicher Profile unterstützt. Die Steckbriefe zur Konkretisierung des Produktprofils (e) helfen insbesondere bei der Problemeingrenzung und Lösungsauswahl im Rahmen des Zielkonfliktmanagements. Durch das Beschreiben der Wechselwirkungen zwischen Produkteigenschaften, Funktionen und technischen Systemen wird vor allem die Tragweitenanalyse von Variationen des technischen Systems gegenüber dem Produktprofil verbessert. Abbildung 6-40 illustriert die Verortung der Werkzeuge im iPeM.

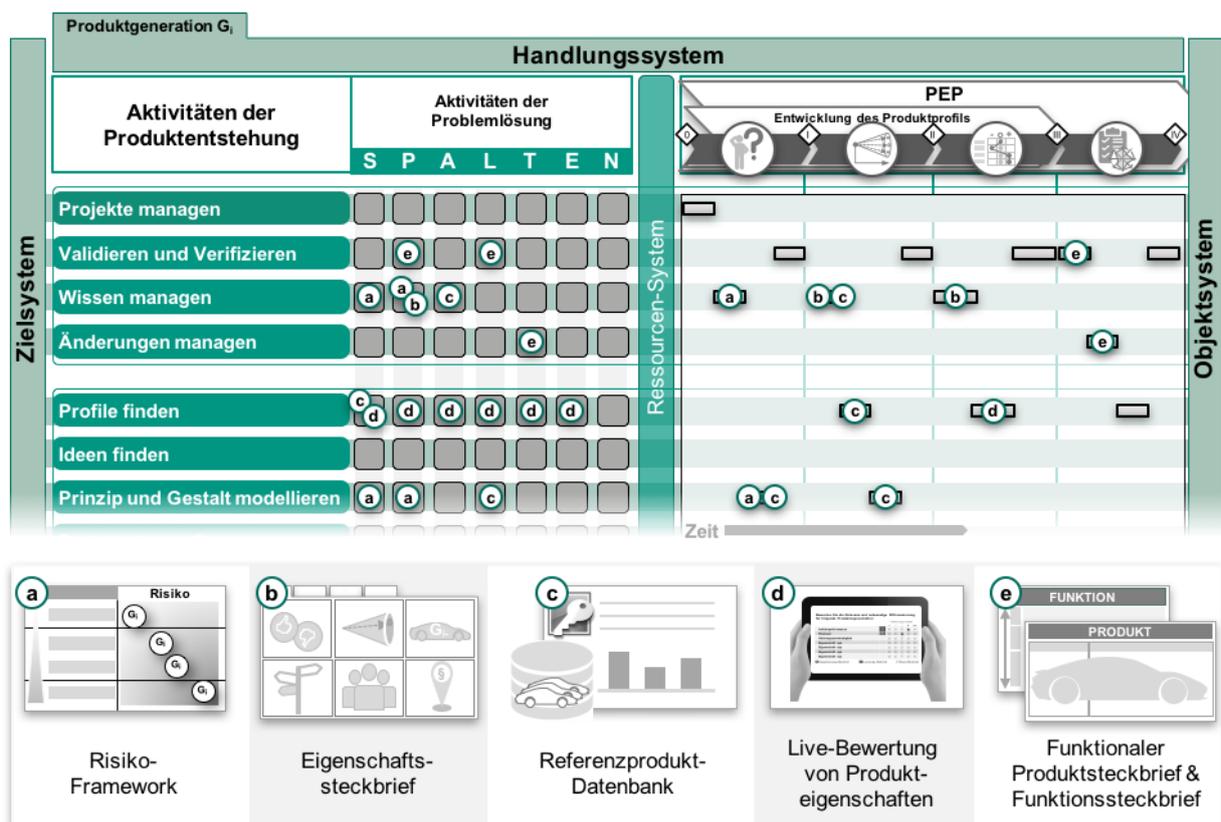


Abbildung 6-40: Zuordnung der Werkzeuge zur Unterstützung der initialen Zielsystembildung zu den Aktivitäten der Produktentstehung im iPeM

### 6.3.5 Zusammenfassung

Der Referenzprozess unterstützt die initiale Zielsystembildung durch eine strukturierte Entwicklung und Bewertung des Produktprofils. Hierbei wird im Modell der PGE das Referenzsystem nach lösungsoffenen und lösungsspezifischen Elementen

strukturiert. Der Fokus der Entwicklung des Produktprofils liegt auf der Beschreibung des Kunden- bzw. Anbieternutzens, insbesondere durch die Definition von Differenzierungszielen. Die Ableitung des Anbieternutzens wird durch die Identifikation bestehender technischer Lösungen und Produktideen sowie Prämissen aus der strategischen Planung adressiert. Durch die Bewertung des Produktprofils wird dem Modell der PGE folgend der Bezug zwischen den unterschiedlichen Realisierungsebenen hergestellt. Hierdurch werden Zielkonflikte frühzeitig aufgezeigt. Ferner ermöglicht die Gegenüberstellung lösungsoffener und lösungsspezifischer Elemente des initialen Zielsystems den effizienten Umgang mit Entwicklungsrisiken. Abbildung 6-41 fasst die Inhalte des Referenzprozesses grafisch zusammen.

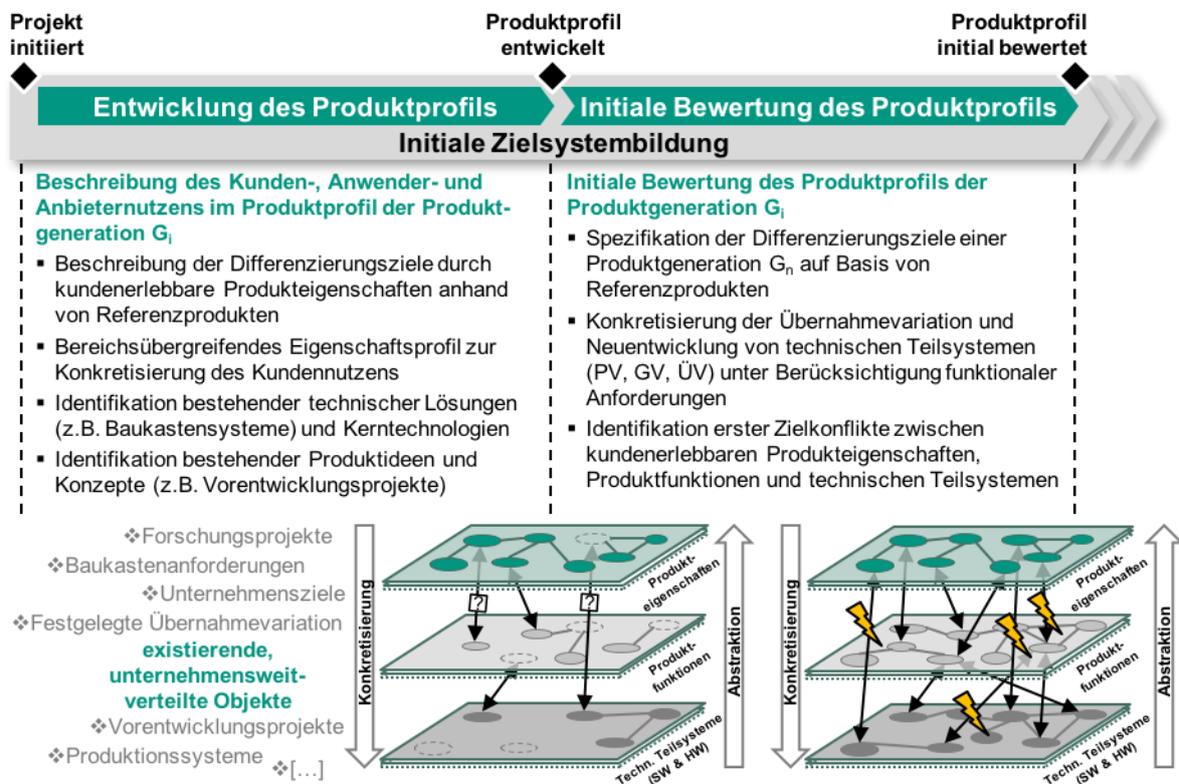


Abbildung 6-41: Zusammenfassung des Referenzprozesses



## 7 Evaluation

Die Erkenntnisse dieser Forschungsarbeit wurden im Rahmen der Zielsystembildung verschiedener Fahrzeugentwicklungsprojekte bei Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG angewendet und evaluiert.<sup>107</sup> Außerdem wurden im Rahmen eines studentischen Produktentwicklungsprojektes, dem Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung am IPEK – Institut für Produktentwicklung (Albers et al., 2017), gezielt Methoden von den teilnehmenden Studierenden angewendet und bewertet.

### 7.1 Fallbeispiele bei der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

Im Rahmen der Forschungs Kooperation des IPEK – Institut für Produktentwicklung mit der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG wurden die erarbeiteten Ergebnisse angewendet und evaluiert. Zunächst werden die untersuchten Fallbeispiele kurz vorgestellt. Im Anschluss folgt die Diskussion und Evaluation der Ergebnisse.

#### 7.1.1 Studiendesign

Die untersuchten Fahrzeugentwicklungsprojekte unterscheiden sich nach ihrer Art und damit verbundenen Komplexität sowie der Zeit zwischen dem Start der Zielsystembildung und der Markteinführung (vgl. Tabelle 7-1). Im Folgenden werden die Projekte kurz beschrieben und im Anschluss die gewonnenen Erkenntnisse diskutiert.

Tabelle 7-1: Übersicht über Fallbeispiele bei der Porsche AG

Fallbeispiele	Produktgeneration (G <sub>i</sub> )	Entwicklungsprojekt Typ	Dauer bis Markteinführung
Projekt A	G <sub>n,Derivat</sub>	<b>Karosserie-Derivat</b> einer bestehenden Modellreihe	ca. <b>4 Jahre</b>
Projekt B	G <sub>n+1</sub>	<b>Nachfolger</b> einer bereits am Markt etablierten Modellreihe	ca. <b>5 Jahre</b>
Projekt C	G <sub>n+1</sub>	<b>Nachfolger</b> einer bereits am Markt etablierten Modellreihe <b>mit neuer Antriebstechnologie</b>	ca. <b>5 Jahre</b>
Projekt D	G <sub>n+2</sub>	<b>Neue Modellreihe</b>	mehr als <b>7 Jahre</b>

##### 7.1.1.1 Projekt A: Karosserie-Derivat (G<sub>n,Derivat</sub>)

Im Fahrzeugentwicklungsprojekt A wurde eine neue Produktgeneration eines bereits am Markt etablierten Karosserie-Derivats zu einem Grundfahrzeug entwickelt.

<sup>107</sup> Nicht alle der beschriebenen Entwicklungsprojekte wurden in ein Serien-Entwicklungsprojekt überführt. Der Definition nach haben diese Projekte aus Gesamtfahrzeugsicht die Frühe Phase der PGE (vgl. Abschnitt 2.4.1.2) somit nicht vollumfänglich durchschritten.

Markteinführung war in ca. drei Jahren geplant. Zentrale Referenzprodukte waren die Vorgänger-Generation ( $G_{n-1}$ ), die bereits im Markt war, und das Grundfahrzeug ( $G_n$ ), welches dem Derivat ca. ein Jahr im Entwicklungsprozess voraus war (vgl. Abbildung 7-1).

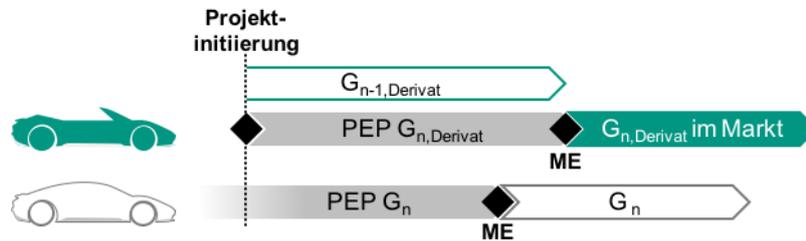


Abbildung 7-1: Projekt A - Entwicklung eines Karosserie-Derivats im Modell der PGE

Das Entwicklungsprojekt zeichnete sich durch einen Produktentwicklungsprozess mit stark reduziertem Aufwand aus – sowohl organisatorisch als auch inhaltlich. Der Großteil der Ziele konnte aus dem Grundfahrzeug ( $G_n$ ) übernommen bzw. übergeleitet werden. Prämisse für das Projekt war eine maximale Übernahmevariation (ÜV) aus dem Grundfahrzeug  $G_n$ . Die Entwicklungssituation war aufgrund vorheriger Produktgenerationen und damit verbundenen Referenzprojekten weitgehend bekannt und etabliert. Als Produktmodell des Kundennutzens konnte die Eigenschaftsstruktur des Grundfahrzeugs  $G_n$  übernommen werden. Lediglich Produkteigenschaften zum Komfort wurden detaillierter betrachtet. Die methodische Unterstützung der Zielsystembildung beschränkte sich auf eine Beschreibung der Differenzierung gegenüber dem Grundfahrzeug  $G_n$  in einem abstrakten *Eigenschaftsprofil*. Wettbewerber wurden als Referenzprodukte nicht ausgewiesen bzw. auf die Wettbewerber des Grundfahrzeugs  $G_n$  verwiesen. Gemeinsam mit der Projektleitung wurde das Differenzierungsziel gegenüber dem Grundfahrzeug  $G_n$  anhand einer *Eigenschaftsspinne* illustriert. Konflikte im Rahmen der initialen Zielsystembildung mussten nicht aufgelöst werden.

### 7.1.1.2 Projekt B: Nachfolger ( $G_{n+1}$ )

Fahrzeugentwicklungsprojekt B umfasste die Zielsystembildung für ein bereits am Markt über mehrere Produktgenerationen bestehendes Modell. Vor Einführung der neuen Produktgeneration in ca. fünf Jahren wurde für die aktuelle Produktgeneration im Markt ( $G_{n-1}$ ) noch ein Facelift ( $G_n$ ) geplant, welches größtenteils Gestaltvariationen im Design und kleinere funktionale Anpassungen umfassen sollte. Da der direkte Vorgänger somit noch nicht im Markt war, handelte es sich um eine  $G_{n+1}$ -Entwicklung. Kerntechnologien wie der Antrieb sollten weiterentwickelt werden, aber keine Variation des Prinzips durchgeführt werden. Auch das Fahrzeugkonzept (Sitzplätze, Aufbauform usw.) sollten nicht variiert werden, sondern das erfolgreiche Produktprofil der Vorgängergenerationen ( $G_{n-1}$  und  $G_n$ ) fortgeschrieben werden. Die direkte Vorgänger-

Generation ( $G_n$ ) bildete auch das zentrale Referenzprodukt für die technische Realisierung. Variationen wurden in der Frühen Phase der PGE größtenteils als Delta-Umfänge gegenüber  $G_n$  beschrieben. Wettbewerber waren wichtige Referenzprodukte für die Beschreibung von Differenzierungszielen. Auch die Wettbewerbsfahrzeuge waren bereits über mehreren Produktgenerationen am Markt etabliert. Technische Prognosen für den Zeitraum des Markteintritts der Wettbewerber konnten daher auf Basis vorhandener Daten erarbeitet werden und bildeten eine wichtige Grundlage für die Differenzierungsziele der Produktgeneration  $G_{n+1}$ . Abbildung 7-2 zeigt die Zusammenhänge zwischen den Produktgenerationen und Referenzprodukten aus dem Wettbewerb.

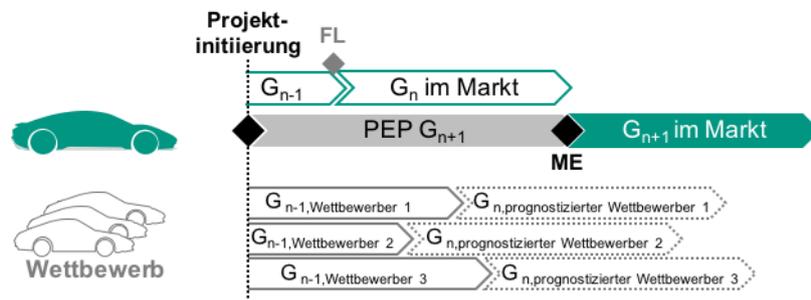


Abbildung 7-2: Projekt B - Entwicklung eines Nachfolgers mit etablierten Wettbewerbern im Modell der PGE

Für die Vorgängergeneration ( $G_n$ ) bestand bereits ein Eigenschaftsprofil. Dies konnte als Grundlage für das Produktmodell des Kundennutzens für  $G_{n+1}$  genutzt werden. Die Struktur der Produkteigenschaften musste lediglich in einigen Dimensionen ergänzt bzw. konkretisiert werden, da sich Anforderungen in der Zwischenzeit verändert hatten (z.B. für Eigenschaften, welche die Konnektivität des Fahrzeugs beschreiben). Für die Erarbeitung des *Eigenschaftsprofils* der Generation  $G_{n+1}$  wurden *fachbereichsübergreifende Workshops* genutzt, an denen Vertreter aus den für die Produktdefinition relevanten Fachbereichen teilnahmen (insbesondere Projektleitung, Vertrieb und Entwicklung). In diesem Rahmen wurde auch die *Umfeldanalyse und -prognose* durch die entsprechenden Experten vorgestellt und diskutiert. Auf der Grundlage der Umfeldanalyse und -prognose wurde im Anschluss gemeinsam das Eigenschaftsprofil entwickelt. Für die Mehrzahl der Produkteigenschaften konnte Konsens hinsichtlich der Relevanz und notwendigen Differenzierung gegenüber der Vorgängergeneration ( $G_n$ ) herbeigeführt werden. Einige Produkteigenschaften mussten im Nachgang in bilateralen Abstimmungen weiter detailliert und diskutiert werden (z.B. funktionale Details für Assistenzsysteme). Positionierungskonflikte zwischen unterschiedlichen Fachbereichen konnten jedoch im weiteren Verlauf des initialen Zielbildungsprozesses weitgehend ausgeräumt und noch offene Punkte mit Maßnahmen hinterlegt werden. Die Zusammenfassung der Ergebnisse – das Produktprofil – wurde für die entsprechenden Meilensteindokumente aufbereitet und

bereitgestellt. Neben qualitativen Beschreibungen wurde das Eigenschaftsprofil in Form eines *Polaritätsdiagramms*  $G_{n+1}$  gegenüber  $G_n$  visualisiert. Unterschiedliche Konkretisierungsgrade der Produkteigenschaften fanden dabei Berücksichtigung.

Im Anschluss an die Entwicklung des Produktprofils erfolgte die Gegenüberstellung mit dem aktuellen Stand der technischen Realisierung, also den bereits durch das Konzeptteam erarbeiteten technischen Lösungen. Aufgrund des relativ hohen Reifegrads des technischen Konzepts war eine frühzeitige Bewertung hinsichtlich der Erfüllung des Eigenschaftsprofils grundsätzlich möglich. Die Bewertung erfolgte ebenfalls in Form eines *fachbereichsübergreifenden Workshops*. Für einige Eigenschaftsziele konnte die Bewertung des technischen Konzepts anhand objektiver Kennwerte vorgenommen werden (z.B. die Verbesserung des Beschleunigungsverhaltens des Fahrzeugs anhand der Zielwerte für die Beschleunigung 0-100 km/h in Sekunden). Andere Produkteigenschaften ließen lediglich eine qualitative Einschätzung zu (z.B. auf Basis der Erfahrungen in anderen Projekten). Schließlich wurde für einige Produkteigenschaften die Bewertung auf einen späteren Zeitpunkt im Produktentwicklungsprozess vertagt, entweder aufgrund geringerer Relevanz für die initiale Zielsystembildung oder fehlender Validierungsergebnisse (z.B. aufgrund noch nicht verfügbarer physischer Prototypen). Die initiale Bewertung des Stands der technischen Realisierung konnte durch die Nutzung von *Funktionalen Produktsteckbriefen* und *Funktionssteckbriefen* unterstützt werden. Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Produkteigenschaften konnten auf Basis von Produktfunktionen aufgezeigt und die Identifikation notwendiger Neuentwicklungsanteile (PV + GV) technischer Teilsysteme unterstützt werden. Neben der Konkretisierung von Anforderungen an die Produktgeneration stand hierbei die fachbereichsübergreifende Diskussion im Vordergrund.

### **7.1.1.3 Projekt C: Nachfolger mit neuer Kerntechnologie ( $G_{n+1}$ )**

Fahrzeugentwicklungsprojekt C umfasste wie Projekt B die Entwicklung eines Nachfolgers einer bereits am Markt etablierten Modellreihe, jedoch mit einer Prinzipvariation des Antriebs. Das sonstige Fahrzeugkonzept sollte unverändert bleiben und evolutionär weiterentwickelt werden. Bevor  $G_{n+1}$  in den Markt eingeführt werden sollte, war noch ein Facelift ( $G_n$ ) für die aktuelle Produktgeneration im Markt  $G_{n-1}$  geplant. Die Anpassung des Antriebskonzepts veränderte auch das Wettbewerbsumfeld, welches diesbezüglich deutlich weniger etabliert war. Neue Wettbewerber mussten ebenfalls berücksichtigt werden. Als zentrales Referenzprodukt diente weiterhin der direkte Vorgänger ( $G_n$ ). Abbildung 7-3 zeigt den Zusammenhang der Produktgeneration mit seinen Referenzprodukten.

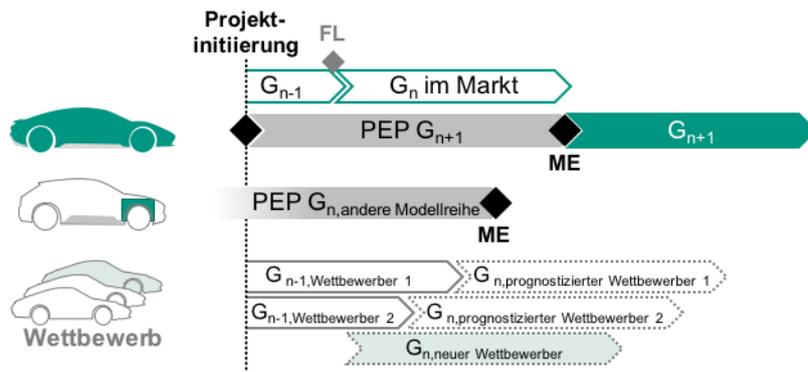


Abbildung 7-3: Projekt C – Entwicklung eines Nachfolgers mit neuer Kerntechnologie im Modell der PGE

Von dem Vorgänger konnte die Grundlage für das Produktmodell des Kundennutzens in Form der Eigenschaftsstruktur übernommen werden. Für antriebsabhängige Produkteigenschaften (z.B. Fahrleistungen und Verbrauch) mussten jedoch Anpassungen vorgenommen werden. Auch die Referenzprodukte für die technische Realisierung wichen dabei vom Vorgänger ab. Andere Modellreihen mussten auf Ebene bestimmter Teilsysteme (insbesondere im Antriebsstrang) als Referenzprodukt genutzt werden ( $G_{n, andere Modellreihe}$ ). Die *Umfeldanalyse und -prognose* berücksichtigte dies und zeigte neben der klassischen Wettbewerbsprognose auch Technologie-Prognosen technischer Teilsysteme auf.

Für die Erarbeitung des Eigenschaftsprofils wurde das *Tool zur Live-Bewertung von Produkteigenschaften* in bereits bestehenden Entscheidungsgremien unterschiedlicher Ressorts angewendet. Aufbauend auf einer komprimierten Umfeldanalyse und -prognose wurden die Bewertungen der Relevanz und Differenzierung gegenüber Referenzprodukten moderiert, ausgewertet und im Anschluss diskutiert.<sup>108</sup> Für einige Produkteigenschaften zeigten sich sowohl innerhalb der Gremien aber vor allem im ressortübergreifenden Vergleich heterogene Ausprägungen. Zum einen wurden Konsequenzen aus der Umfeldanalyse und -prognose verschieden interpretiert (z.B. welchen Einfluss auf technische Teilsysteme marktspezifische Anforderungen haben), zum anderen wurde der Einfluss technischer Restriktionen für die Zielpositionierung unterschiedlich berücksichtigt (z.B. wie groß der Einfluss eines angepassten Zielgewichts auf das Gesamtfahrzeug sein wird). Diese stark unsicherheitsbehafteten Ausprägungen der Produktgeneration  $G_{n+1}$ , welche in den meisten Fällen mit der Antriebstechnologie zusammenhingen, wurden im Nachgang an die Live-Bewertungen detailliert diskutiert und die Ergebnisse aufbereitet. Das Ergebnis wurde in ein konsolidiertes *Polaritätsdiagramm* mit entsprechenden qualitativen Beschreibungen zum Produktprofil überführt und

<sup>108</sup> vgl. Abschnitt 6.3.4.4

zusammengefasst. Nicht alle Positionierungskonflikte konnten im Rahmen der Profilfindung gelöst werden, offene Punkte jedoch mit Maßnahmen hinterlegt werden. Der initialen Bewertung des Produktprofils kam besondere Aufmerksamkeit zu. Aufgrund der technologischen Unsicherheit und funktionalen Komplexität der Produktgeneration im Vergleich zu anderen Fahrzeugentwicklungsprojekten nahm die Konkretisierung des Produktprofils anhand des *Funktionalen Produktsteckbriefs* sowie die Beschreibung der *Funktionssteckbriefe* eine wichtige Rolle ein: zum einen um die Transparenz über Komplexitätstreiber zu steigern und zum anderen um die fachbereichsübergreifende Vernetzung frühzeitig herzustellen. In diesem Rahmen konnten Zielkonflikte aus dem Produktprofil weiter konkretisiert und die Lösungsfindung moderiert werden. Die Gegenüberstellung des aktuellen Stands der technischen Realisierung mit dem Produktprofil erfolgte analog dem Vorgehen in der Nachfolgerentwicklung in Projekt B (vgl. Abschnitt 7.1.1.2.). Aufgrund der größeren technologischen Unsicherheit waren quantifizierbare Einschätzungen deutlich schwieriger. Der Fokus konnte jedoch auf technische Teilsysteme mit besonders hoher Relevanz für die Erreichung von Produkteigenschaftszielen eingeschränkt werden (z.B. zentrale Antriebskomponenten).

#### 7.1.1.4 Projekt D: Nachfolger mit Markteinführung weit in der Zukunft ( $G_{n+2}$ )

Fahrzeugentwicklungsprojekt D unterschied sich von den zuvor beschriebenen Projekten vor allem durch seinen zeitlichen Horizont. Durch eine weiter in der Zukunft liegende angestrebte Markteinführung (mehr als sieben Jahre) waren Konzepte weniger reif, die technologische Unsicherheit größer und Randbedingungen deutlich unspezifischer. Zwei Produktgenerationen ( $G_n$  und  $G_{n+1}$ ) lagen zwischen der aktuell im Markt befindlichen Produktgeneration ( $G_{n-1}$ ) und dem angestrebten Zeitraum für die Markteinführung. Konkrete Wettbewerbsfahrzeuge lagen zum Zeitpunkt der initialen Zielsystembildung nicht vor. Szenarien ermöglichten lediglich eine grobe Abschätzung der Entwicklungen der Wettbewerber. Grundsätzlich stellten aber Technologie-Prognosen, z.B. in Form von Roadmaps, zentrale Anhaltspunkte für die Umfeldanalyse und -prognose dar (z.B. prognostizierte Antriebstechnologien zum Zeitpunkt der Markteinführung). Abbildung 7-4 zeigt den zeitlichen Bezug vorheriger Produktgenerationen ( $G_{n-1}$ ,  $G_n$ ,  $G_{n+1}$ ) und des Produktentwicklungsprozesses für die Produktgeneration  $G_{n+2}$  auf.

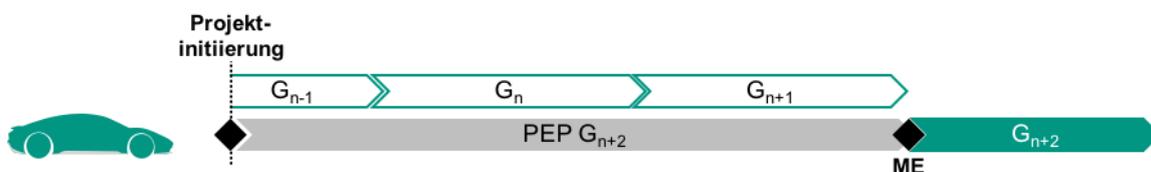


Abbildung 7-4: Projekt D – Entwicklung eines neuen Modells mit großem zeitlichen Horizont im Modell der PGE

Aufgrund der großen Unsicherheit wurden Eigenschaftsprofile in Form einer *Online-Bewertung* als vereinfachte Variante des *Tools zur Live-Bewertung von Produkteigenschaften* mit Vertretern verschiedener Fachbereiche erstellt und anschließend in einem ressortübergreifenden Projektteam diskutiert. Das Produktmodell des Kundennutzens war dabei relativ abstrakt (umfasste nur ca. 20 konzeptbestimmende Produkteigenschaften) und orientierte sich an einer standardisierten Eigenschaftsstruktur des Unternehmens. Schwerpunkt bildeten dabei Produkteigenschaften, welche besondere Relevanz für die Baukastenentwicklung besaßen (z.B. für einen Antriebsbaukasten oder mögliche Plattformschnitte). Die Diskussionen der Ergebnisse zeigt, dass etablierte Prämissen für Ziele hinterfragt oder neu interpretiert werden mussten (z.B. etablierte Positionierungsziele in der Fahrdynamik mussten aufgrund neuer Technologien angepasst werden). Die Ergebnisse wurden durch *Polaritätsdiagramme* und *Eigenschaftssteckbriefe* zusammengefasst.

Eine Bewertung der Produktprofile fand nicht auf Basis bereits bestehender technischer Konzepte statt, sondern vielmehr auf der Grundlage von Technologie-Roadmaps. Ziel dieser sehr frühen, deutlich vor Beginn des strukturierten Produktentwicklungsprozesses stattfindenden, Bewertung war weniger die Verifizierung bestehender Entwicklungsaktivitäten als die Identifikation von Vorentwicklungsprojekten und Produktideen zur Schließung möglicher Innovationslücken. Im Rahmen dieser sehr frühen Zielbildungsaktivitäten war der Einfluss der Baukastenentwicklung besonders hoch. Bekannte und potenzielle Baukastennutzer mussten berücksichtigt werden. Hierzu war es notwendig, die Eigenschafts- und Differenzierungsziele der Modelle mit denen der betrachteten Produktgeneration gegenüberzustellen. Der Vergleich der unterschiedlichen (potenziellen) Baukastennutzer erfolgte dabei ebenfalls auf Basis des individuellen Produktmodells des Kundennutzens. Eine Herausforderung war dabei zu bestimmen, welche Produkteigenschaften maßgeblich durch Baukästen definiert werden, um diese entsprechend frühestmöglich zu betrachten.

### **7.1.2 Evaluation und Diskussion der Ergebnisse**

Die Evaluierung über die verschiedenen Fahrzeugentwicklungsprojekte hat gezeigt, dass die Notwendigkeit einer projektspezifischen, flexiblen Durchführung der initialen Zielsystembildung besteht. Die Entwicklung eines Derivats (Projekt A) bedarf aufgrund der geringeren Komplexität weniger Aktivitäten als z.B. die Entwicklung eines Nachfolgers mit neuer Kerntechnologie (Projekt C). Auch der Zeithorizont wirkt sich auf den Prozess der Zielsystembildung aus. Die differenzierte Bewertung des Stands der technischen Realisierung für eine Produktgeneration, welche erst relativ spät im Markt eingeführt werden soll (insbesondere  $G_{n+2}$  in Projekt D), kann aufgrund der

geringeren Konzeptreife noch nicht detailliert erfolgen – ist aber erforderlich, um mögliche Technologieentwicklungen rechtzeitig anzustoßen, da Vorentwicklungsprojekte oftmals mehrere Jahre Vorlauf vor dem Produktentwicklungsprozess benötigen. Grundsätzlich zeigen die Beobachtungen, dass das Beeinflussungspotenzial durch die eingeführten Werkzeuge und Methoden für Projekte mit langem Zeithorizont hoch ist, die Ergebnisse jedoch tendenziell unspezifischer sind – eine späte Anwendung hingegen führt zu konkreteren Ergebnissen, weist jedoch ein geringeres Beeinflussungspotenzial auf. Die detaillierte Analyse der Beispielprojekte hat außerdem gezeigt, dass mitunter weitere Aktivitäten der Produktentstehung durchlaufen werden, als im Rahmen der Entwicklung des Referenzprozesses angenommen wurde. Beispielsweise im Rahmen der Umfeldanalyse und -prognose wurde gezielt die aktuelle Nutzung von Referenzprodukten analysiert, sowohl interne als auch Wettbewerbsprodukte (z.B. im Rahmen der Nutzung von Konnektivität- und Infotainment-Funktionalitäten). Abbildung 7-5 setzt die Evaluierungsprojekte illustrativ in Bezug zum Referenzprozess der Zielsystembildung aus Abschnitt 6.3.

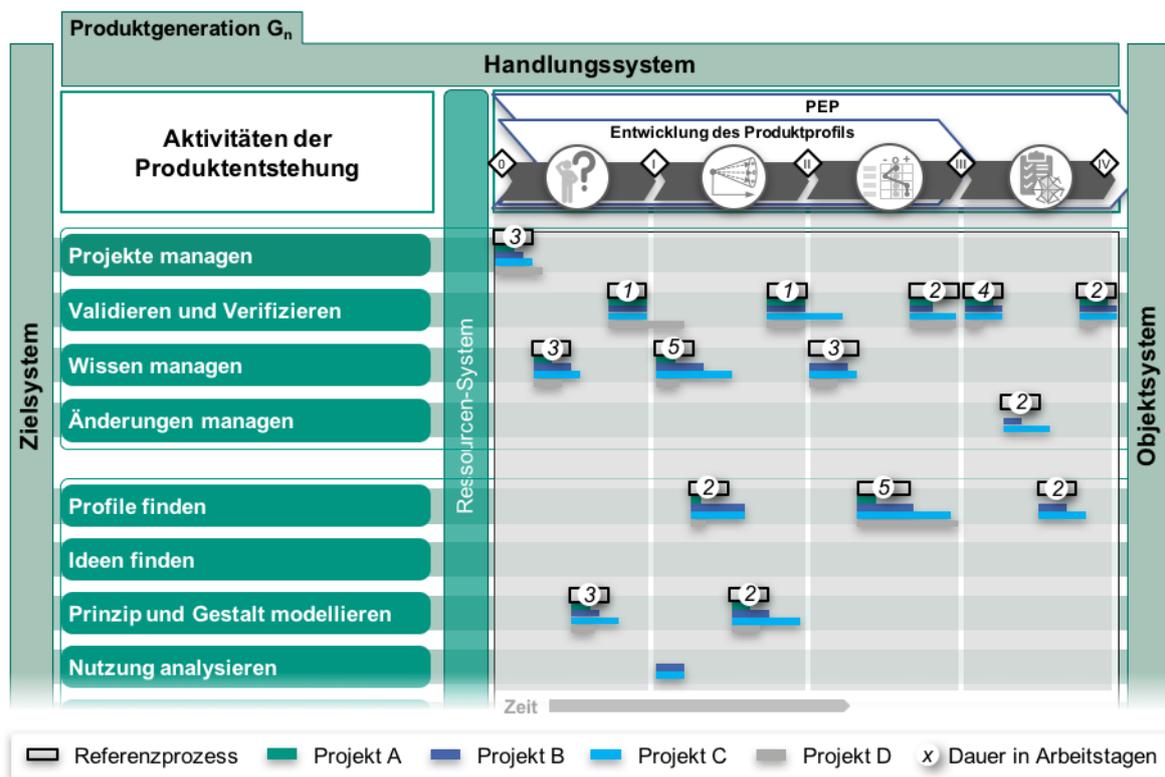


Abbildung 7-5: Vergleich zwischen Anwendungsprozessen und dem Referenzprozess zur initialen Zielsystembildung (qualitativ)

Die Abbildung verdeutlicht, dass nicht alle Projekte jede Aktivität des Referenzprozesses durchlaufen und dass die Dauer der Aktivitäten variiert. Für den Referenzprozess wurde dabei eine Referenzdauer des jeweiligen Prozessschritts angegeben gegenüber dem die Prozessschritte relativ variieren. Wichtig ist dabei,

dass die Dauer der einzelnen Schritte dabei stark von der Ressourcenverfügbarkeit abhängt und dem Einfluss anderer Teilprozesse des PEP. Die Angabe bezieht sich daher nicht auf die reale Ablaufdauer, sondern auf die reine Bearbeitungsdauer für den jeweiligen Prozessschritt.

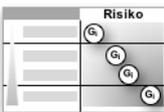
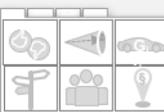
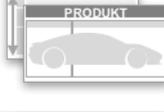
Grundsätzlich zeigt der Referenzprozess, bestehend aus den Phasen „Bewertung der Entwicklungssituation“, „Umfeldanalyse und -prognose“, „Entwicklung des Eigenschaftsprofils“ und der „initialen Bewertung des Produktprofils“, ein übertragbares Vorgehen für alle betrachteten Beispielprojekte. Die Bewertung der Entwicklungssituation unterstützt insbesondere die Identifikation von Referenzprojekten und damit verbundenen Wissensträgern im Unternehmen. Eine strukturierte Umfeldanalyse und –prognose bildet die Grundlage für ein vollständiges und transparentes Produktprofil. Außerdem wird die differenzierte Analyse von Referenzprodukten, auch auf Ebene der Teilsysteme, unterstützt. Die Umfeldanalyse und -prognose dient außerdem dem Abbau von Wissensinseln. Die Entwicklung des Eigenschaftsprofils fördert den Dialog über Fachbereichsgrenzen hinweg und stärkt die Kundenorientierung im Produktprofil. Die differenzierte Auseinandersetzung mit dem Kundennutzen erhöht die Transparenz von Entwicklungszielen und damit die Akzeptanz von Zielen, die möglicherweise im Widerspruch zu individuellen Fachbereichszielen stehen. Die Gegenüberstellung des Produktprofils mit dem aktuellen Stand der technischen Realisierung fördert, den Grundsätzen einer systematischen PGE nach ALBERS folgend, eine frühzeitige Berücksichtigung bestehender technischer Lösungen und damit verbundene Einschränkungen. Dies steigert nicht zuletzt die Innovationsfähigkeit aufgrund einer Fokussierung auf relevante Teilsysteme aus Sicht des Kundennutzens. Außerdem fördert ein funktionsorientierter Bewertungsansatz in dieser Phase das Zielkonfliktmanagement durch eine enge Verknüpfung des Produktprofils mit der technischen Realisierungsebene (z.B. im Kontext der Zielbildung für Assistenzsysteme).

Die lösungsoffene Beschreibung der Differenzierungsziele anhand von kundenerlebbaren Produkteigenschaften war in allen Projekten das zentrale Element der Entwicklung von Produktprofilen. Der Aufwand für die Erarbeitung des jeweiligen Eigenschaftsprofils variierte dabei stark. Für die Derivat-Entwicklung (Projekt A) konnte das bestehende Produktmodell des Kundennutzens, die Eigenschaftsstruktur des Grundfahrzeugs, verwendet werden und daraus die Differenzierung des Derivats gemeinsam mit der Projektleitung abgeleitet werden. In Projekt C, der Nachfolgerentwicklung mit neuer Kerntechnologie, wurde das Eigenschaftsprofil vor allem für die fachbereichsübergreifende Abstimmung des Zielsystems genutzt. Neben den Aufwänden für die Abstimmung im Rahmen der Live-Bewertungen war auch die Erarbeitung des kundenerlebbaren Produktmodells, also der projektspezifischen Eigenschaftsstruktur, deutlich aufwendiger (insbesondere aufgrund der neuen

Kerntechnologie im Antrieb konnten bestehende Eigenschaftsstrukturen nicht genutzt werden). Das Ergebnis – die lösungsoffene Beschreibung der Differenzierung der Produktgeneration – wurde in allen Projekten als Grundlage für eine initiale Bewertung des Produktprofils verwendet.

Nicht nur im Rahmen der Erarbeitung des Eigenschaftsprofils variierte die methodische Unterstützung. Grundsätzlich war bei der Entwicklung des Karosserie-Derivats (Projekt A) wenig methodische Unterstützung notwendig. Bei der Entwicklung des Nachfolgers mit neuer Kerntechnologie (Projekt C) wurden hingegen alle der zuvor eingeführten Werkzeuge genutzt. Auch die Art der Anwendung der Werkzeuge variierte zwischen den Projekten, genauso wie Visualisierungen des Produktprofils. Tabelle 7-2 stellt die in den Anwendungsbeispielen verwendenden Werkzeuge gegenüber.

Tabelle 7-2: Übersicht über die Verwendung von Werkzeugen und die Visualisierung des Produktprofils in den Evaluierungsprojekten

Werkzeug		Projekt A (G <sub>n,Derivat</sub> )	Projekt B (G <sub>n+1</sub> )	Projekt C (G <sub>n+1</sub> )	Projekt D (G <sub>n+2</sub> )
	Risiko-Framework	-	-	Identifikation von <b>Referenzprojekten</b> → Übernahme Produktmodell aus G <sub>n</sub>	Einordnung von <b>Produktideen</b> zur Identifikation von <b>Neuentwicklungsanteilen</b>
	Eigenschaftssteckbrief	-	-	- Strukturierte <b>Identifikation</b> von Informationen - Nutzung im Rahmen <b>Live-Bewertung</b>	-
	Referenzprodukt-Datenbank	-	Vergleich <b>aktueller Wettbewerb</b> in projektspezifischem Produktmodell	Vergleich <b>aktueller Wettbewerb</b> in projektspezifischem Produktmodell	-
	Tool zur Live-Bewertung von Produkteigenschaften	-	(Workshops zur Entwicklung des Eigenschaftsprofils)	<b>Moderierte Live-Bewertung</b> in mehreren Gremien + Auswertung und Diskussion	<b>Online-Bewertung</b> , Diskussion in interdisziplinärem Projektteam
	Funkt. Produktsteckbrief & Funktionssteckbrief	-	<b>Funktionaler Produktsteckbrief</b> und <b>Funktionssteckbrief</b>	<b>Funktionaler Produktsteckbrief</b> und <b>Funktionssteckbrief</b>	-
	Visualisierung	<b>Eigenschafts-spinne</b>	<b>Eigenschafts-spinne</b> , <b>Polaritätsdiagramm</b> und Beschreibung	<b>Polaritätsdiagramm</b> und Beschreibung	<b>Eigenschaftssteckbriefe</b> , <b>Polaritätsdiagramme</b>

Neben dem prozessualen und dem methodischen Vorgehen ergaben sich bei der Durchführung in den Anwendungsbeispielen auch inhaltliche Diskussionen. Bei der Beschreibung von Differenzierungszielen beispielsweise hilft eine konkrete Benennung der betrachteten Variante und dessen Ausstattung, um die notwendige Differenzierung gegenüber Referenzprodukten zu präzisieren, da Varianten innerhalb

einer Modellreihe, z.B. aufgrund von Sonderausstattungen, teilweise beträchtlich variieren. Hinreichend detaillierte Informationen können jedoch nicht immer im Rahmen der initialen Zielsystembildung bereitgestellt werden. Das Vorgehen hat gezeigt, dass hier die Flexibilität des Referenzproduktmodells unterstützt, die unterschiedlichen Abstraktionsgrade abzubilden. Konzeptbestimmende Produkteigenschaften müssen frühzeitig detailliert beschrieben werden (z.B. Eigenschaften der Fahrdynamik mit Auswirkungen auf Leistung, Fahrwerk etc.). Produkteigenschaften mit geringerer gesamtsystemischer Relevanz können später detailliert werden (z.B. Anmutung im Innenraum durch unterschiedliche Materialien etc.). Die Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass die Wechselwirkungen zwischen Eigenschaften und den realisierenden technischen Teilsystemen komplex sind und daher frühestmöglich transparent gemacht werden sollten. In den meisten Fällen hängen die Ausprägungen der Produkteigenschaften an einer Vielzahl technischer Teilsysteme.<sup>109</sup> Hierbei unterstützt insbesondere eine funktionsorientierte Betrachtung. Zum einen, um die Frage zu beantworten, wie Produkteigenschaften durch den Kunden erlebt werden und zum anderen, wie durch Komponenten realisierte Funktionen Produkteigenschaften beeinflussen. Eine zentrale Aktivität in allen Projekten und allen Prozessschritten war die Validierung. Durch das explizite Spiegeln der Ergebnisse am Produktprofil und die Diskussion hinsichtlich des Beitrags zu Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen konnten Widersprüche und Handlungsfelder frühzeitig identifiziert und späte Iterationen vermieden werden.

Im Rahmen teilnehmender Beobachtungen und begleitender Interviews konnten qualitative Feedbacks zur Anwendung der Werkzeuge, aber auch zum grundsätzlichen Prozess der initialen Zielsystembildung, aufgenommen werden. Die in die Entwicklungsprojekte involvierten Entwickler bestätigten, dass durch das strukturierte Vorgehen ein positiver Beitrag zur initialen Zielsystembildung geleistet wird. Insbesondere die bewusste Nutzung bestehenden Wissens aus Referenzprojekten wurde hierbei hervorgehoben. Die Stärkung der bereichsübergreifenden Zielsystembildung wurde ebenfalls positiv bewertet – auch von Fachbereichsvertretern außerhalb des Entwicklungsressorts wie Vertrieb oder Projektmanagement. Neben dem grundsätzlichen strukturierten Vorgehen im Prozessmodell wurden insbesondere die Werkzeuge Eigenschaftssteckbrief und Funktionaler Produktsteckbrief als strukturierende Elemente hervorgehoben – insbesondere der Transparenzfördernde Aspekt bei der Erstellung. Das Eigenschaftsprofil als Visualisierungselement des Kundennutzens wurde als Diskussionsgrundlage für Differenzierungsziele positiv bewertet. Vor allem das übergreifende Verständnis des Kundennutzens und die einheitliche Darstellung förderten fachbereichsinterne und -übergreifende

---

<sup>109</sup> vgl. auch Abschnitt 6.2.1

Diskussionen des Zielsystems. Kritisch in diesem Zusammenhang wurde angemerkt, dass die lösungsoffene Beschreibung anhand des Kundennutzens teilweise zu unrealistischen „Wünsch-Dir-Was“-Eigenschaftsprofilen führen, welche im Anschluss bei der Gegenüberstellung mit der Realisierung wieder korrigiert werden müssen. Insbesondere die Management-Ebene hob das Tool zur Live-Bewertung von Produkteigenschaften positiv hervor. Neben dem effizienten Prozess zur Entscheidungsfindung wurde vor allem der interaktive Charakter des Tools gelobt. Übergeordnet wurde mehrfach die strukturierte Betrachtung von Kunden- und Anbieternutzen durch die Trennung lösungsoffener und lösungsspezifischer Zielsystemelemente positiv hervorgehoben. Grundsätzlich wurde jedoch auch der individuelle Charakter der Entwicklungsprojekte bestätigt. Insbesondere in der „Frühen Phase“ ist daher ein flexibler Umgang mit Ressourcen zwingend erforderlich.

## 7.2 Studentisches Entwicklungsprojekt IP – Integrierte Produktentwicklung

Das studentische Entwicklungsprojekt IP – Integrierte Produktentwicklung ist eine Lehrveranstaltung für Masterstudenten des Maschinenbaus am KIT – Karlsruher Institut für Technologie. Gemeinsam mit einem Partner aus der Industrie wird ein reales Entwicklungsprojekt durch studentische Teams bearbeitet, von der Analyse-Phase und Potenzialfindung bis zur Realisierung eines Prototypens oder Demonstrators. Dabei werden die studentischen Teams durch Mitarbeiter des IPEK – Institut für Produktentwicklung unterstützt und betreut. Zu festgelegten Meilensteinen präsentieren die studentischen Entwicklungsteams ihre Ergebnisse vor dem Industriepartner (Albers et al., 2018e; Albers, Bursac, Heimicke, Walter & Reiß, 2017). Abbildung 7-6 fasst den IP-Prozess zusammen.



Abbildung 7-6: Ablauf IP – Integrierte Produktentstehung

Im Rahmen eines IP-Projektes wurden gemeinsam mit einem deutschen OEM durch den Autor zwei Workshops durchgeführt. In einer theoretischen Einführung in die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung wurden Inhalte zur lösungsoffenen und lösungsspezifischen Beschreibung des Produktprofils diskutiert sowie vertiefend kundenerlebbare Produkteigenschaften und Produktfunktionen im Kontext der Automobilentwicklung eingeführt. Einen weiteren Schwerpunkt bildete die Anwendung von Referenzprodukten im Rahmen der Zielsystembildung.

In Aktivteilen der Workshops wurden außerdem Werkzeuge beispielhaft angewendet. Zu Beginn wurde das Template des Eigenschaftssteckbriefs zur komprimierten Bereitstellung von Umfeldinformationen durch die Studierenden befüllt. Dabei wurden die Ergebnisse der vorherigen Analyse-Phase aggregiert. Einen Schwerpunkt bildete dabei die Bewertung von Szenarien hinsichtlich ihres Einflusses auf Produkteigenschaften. Die Eigenschaftssteckbriefe bildeten die Grundlage für die Entwicklung von Eigenschaftsprofilen. Diese wurden in Form von Eigenschaftsspinnen (Netzdiagrammen) visualisiert. Hierbei sollten die vorliegenden Ergebnisse der Analyse-Phase in konsistente Profile überführt werden. Ziel war es dabei auch, den Einfluss unterschiedlicher Szenarien zu visualisieren und dann anhand der Netzdiagramme zu diskutieren. Zur Überführung der lösungsoffenen Eigenschaftsprofile wurde anschließend beispielhaft ein Funktionaler Produktsteckbrief befüllt und Funktionen zur Konkretisierung identifiziert und entsprechend zugeordnet. Abschließend wurde für eine Funktion beispielhaft der Bezug zu den realisierenden Teilsystemen hergestellt und ein Funktionssteckbrief befüllt (vgl. Abbildung 7-7).

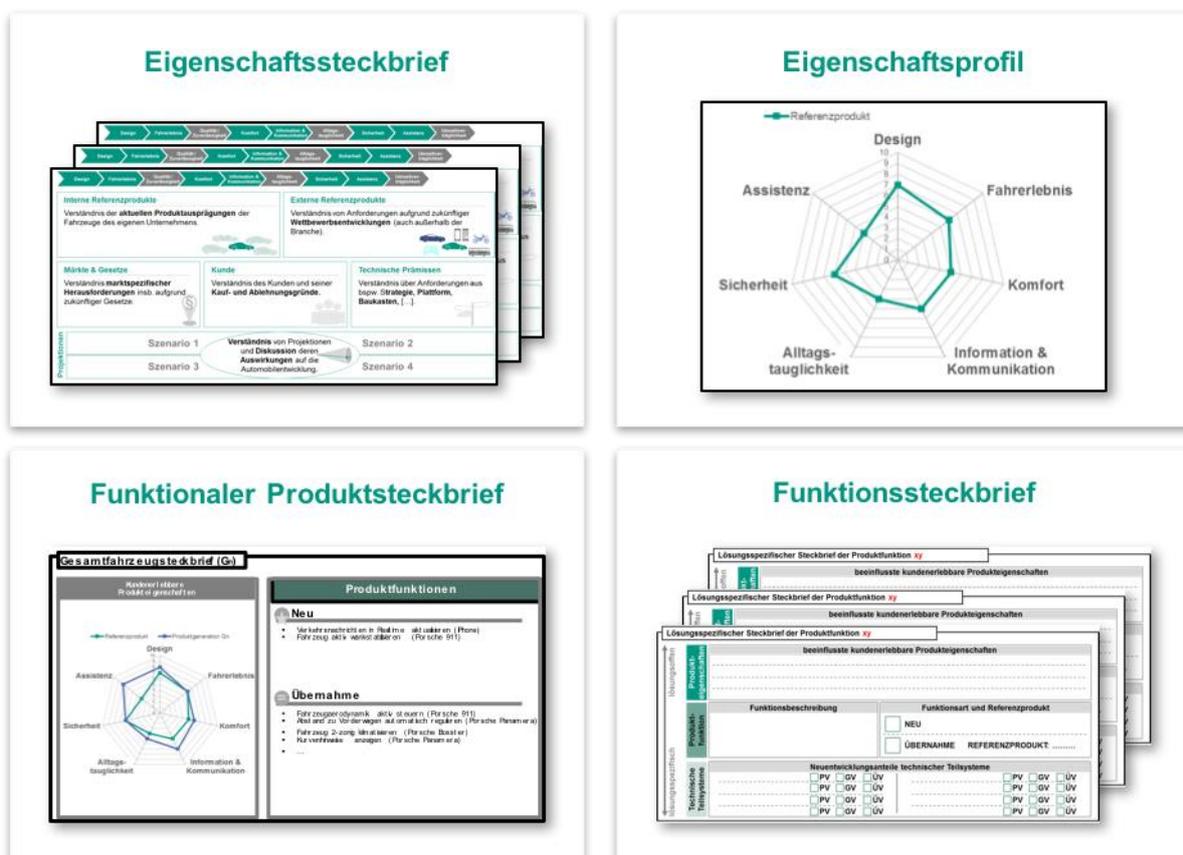


Abbildung 7-7: Verwendete Werkzeuge im Rahmen des Workshops „Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung“ in IP 2017/2018

Im Anschluss an die Workshops wurden die Ergebnisse durch die Studierenden evaluiert. Anhand von Fragebögen wurde die individuelle Meinung zu der Anwendung

der Werkzeuge und dem grundsätzlichen Vorgehen zur initialen Zielsystembildung aufgenommen. Zunächst wurden dabei generische Fragen zum Verständnis der initialen Zielsystembildung im Kontext der PGE gestellt (vgl. Abbildung 7-8).

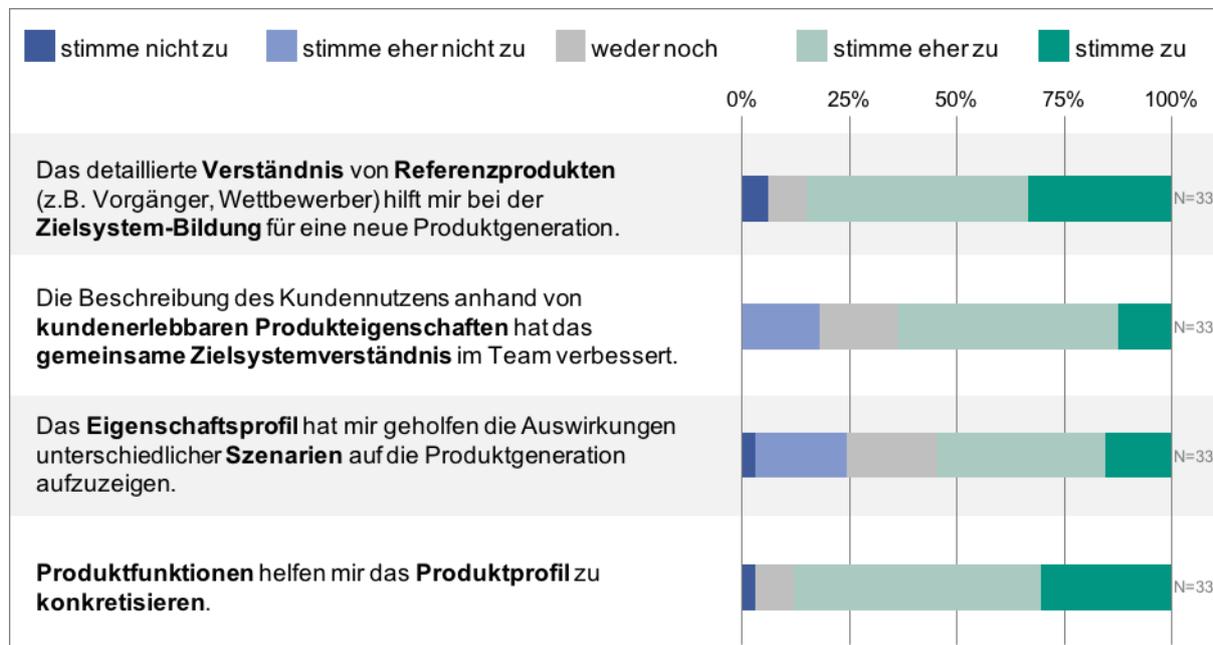


Abbildung 7-8: Evaluierung der Inhalte zur Frühen Phase der PGE in IP – Integrierte Produktentwicklung nach HIRSCHTER, HEITGER ET AL. (2018)

Das Ergebnis zeigt, dass insbesondere das Verständnis von Referenzprodukten bei der Zielsystembildung hilft. Die gemeinsame Diskussion des Kundennutzens anhand von Produkteigenschaften stärkt das gemeinsame Zielsystemverständnis und das Eigenschaftsprofil unterstützt bei dem Vergleich unterschiedlicher Szenarien. Auch die Konkretisierung des Produktprofils durch Funktionen wird als zielführend empfunden, um lösungsoffen Anforderungen an Teilsysteme abzuleiten.

Im zweiten Schritt der Evaluierung wurden die angewendeten Methoden detailliert bewertet (vgl. Abbildung 7-9). Dabei sollten die Methoden hinsichtlich der Kriterien *Aufwand*, *Qualität*, *Anwendbarkeit*, *Integrierbarkeit* und *Übertragbarkeit* evaluiert werden. Der Aufwand bezog sich dabei auf den zeitlichen Aufwand zur Anwendung, die Qualität auf den Nutzen der erzielten Ergebnisse, die Anwendbarkeit auf die Intuitivität bzw. Handhabbarkeit der Methode, die Integrierbarkeit auf die Verknüpfbarkeit mit anderen Methoden und die Nutzung in bestehenden Prozessen und die Übertragbarkeit auf das Nutzungspotenzial der Methode in anderen (nicht-automobilen) Anwendungsfällen.

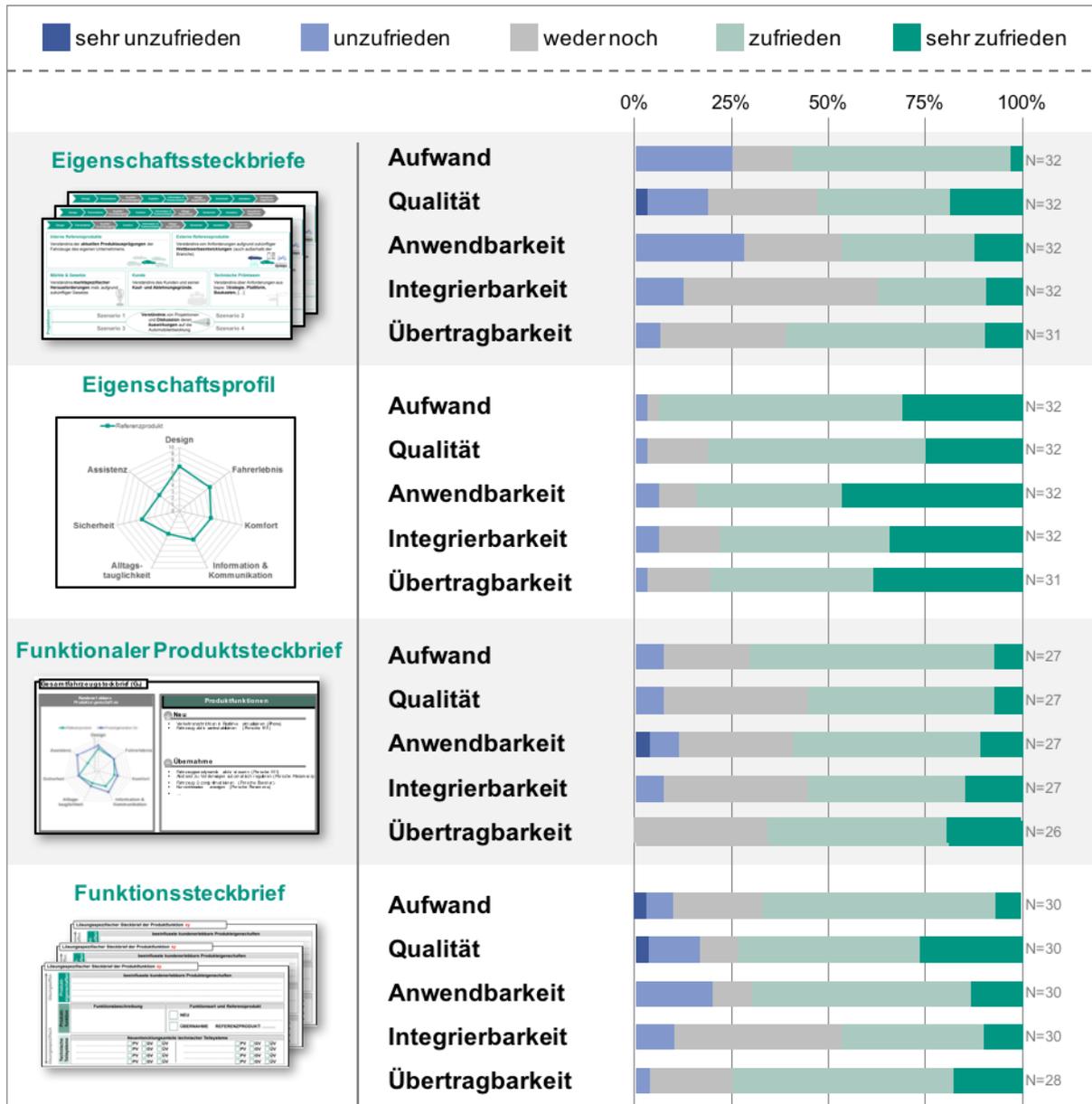


Abbildung 7-9: Evaluierung der von den Studierenden in der Frühen Phase der PGE genutzten Werkzeuge nach HIRSCHTER, HEITGER ET AL. (2018)

Die Bewertung der Methoden zeigt, dass insbesondere die gemeinsame Visualisierung von Produktprofilen anhand des Eigenschaftsprofils als sehr hilfreich empfunden wurde. Die Überführung der Analyse-Ergebnisse in den Eigenschaftssteckbrief wurde ebenfalls als sinnvoll erachtet, um die Informationen strukturiert aufzubereiten, bereitete jedoch teilweise in der Umsetzung einige Schwierigkeiten. Das Potenzial der Gesamtfahrzeug- und Funktionssteckbriefe wurde ebenfalls erkannt. Insbesondere die Gegenüberstellung von Funktionen mit dem Eigenschaftsprofil im Funktionssteckbrief wurde als Mehrwert empfunden. Für die Detaillierung von Funktionen im Funktionssteckbrief sind mitunter sehr differenzierte Informationen notwendig, welche nicht immer verfügbar waren. Eine grundsätzliche

Überführung lösungsoffener Gesamtfahrzeugziele in konkrete Anforderungen an technische Teilsysteme mithilfe des Steckbriefs wurde jedoch als sinnvoll erachtet.

### 7.3 Fazit

Die Fallbeispiele bei der Porsche AG haben die Notwendigkeit für eine frühzeitige Kundenorientierung bestätigt. Das Produktmodell des Kundennutzens, welches die Produktgeneration anhand Produkteigenschaften beschreibt und damit den zentralen Diskussionsgegenstand des initialen Zielsystems darstellt, unterstützt dabei den fachbereichsübergreifenden Dialog und steigert somit die Transparenz. Die einzelnen Phasen des Referenzprozesses der initialen Zielsystembildung, inklusive der vorgeschlagenen Werkzeuge, konnten ebenfalls nutzenstiftend in den Projekten angewendet werden. Die initiale Bewertung der Entwicklungssituation unterstützt das Auffinden von Wissensträgern im Unternehmen sowie Referenzprojekten. Eine fundierte Umfeldanalyse und -prognose bildet insbesondere bei stark unsicherheitshafteren Entwicklungsprojekten die Grundlage für eine transparente Zielsystembildung. Die Erstellung der Umfeldanalyse und -prognose führt bereits zu einem Abbau von Wissensinseln und fördert den cross-funktionalen Dialog. Die Entwicklung des Eigenschaftsprofils führte in allen Projekten zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit dem Kundennutzen auf der Ebene des Gesamtfahrzeugs. Neben der intensiven fachbereichsübergreifenden Zusammenarbeit führte das Eigenschaftsprofil zu einer frühzeitigen Gegenüberstellung des Kundennutzens mit dem Anbieternutzen. Dieser Diskurs konnte durch die Bewertung des aktuellen Stands der technischen Realisierung weiter konkretisiert werden. Diese sehr frühe, möglichst konkrete Analyse technischer Teilsysteme hinsichtlich ihres Beitrags zur Erfüllung des Produktprofils unterstützt die Risikoanalyse und bietet Anhaltspunkte für zukünftige Innovationen und kann damit als Grundlage einer systematischen PGE – Produktgenerationsentwicklung verstanden werden.

Trotz des wenig strukturierten Charakters früher Entwicklungsphasen von Produktgenerationen mit einer weit in der Zukunft liegenden Markteinführung (insbesondere  $G_{n+2}$ ), ist eine methodische Unterstützung sinnvoll. Wichtig ist jedoch die individuelle Adaption an verschiedene Entwicklungssituationen. Hierfür ist eine differenzierte Situationsanalyse, wie der Referenzprozess der initialen Zielsystembildung sie zu Beginn vorschlägt, sinnvoll. Je nach Grad der Unsicherheit und Verfügbarkeit der Ressourcen können die unterschiedlichen Methoden angewendet werden. Sowohl die Analyse der Fallbeispiele bei der Porsche AG als auch die Evaluation im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung haben gezeigt, dass die Nutzung von Referenzprodukten, wie durch das Modell der PGE beschrieben, zielführend ist. Sowohl für die Beschreibung lösungsoffener Differenzierungsziele als auch für die Identifikation von Neuentwicklungsanteilen (PV + GV) in der technischen

Realisierung bilden Referenzprodukte die Basis für einen effizienten Umgang mit Ressourcen. Die Anwendung der im Rahmen dieser Forschungsarbeit erarbeiteten Werkzeuge in IP – Integrierte Produktentwicklung zeigte außerdem, dass die Steckbriefe zur strukturierten Abbildung von Eigenschafts- und Funktionszusammenhängen sowie die Verknüpfung mit der technischen Realisierung das Zielkonfliktmanagement verbessern.

Zusammenfassend zeigte sich in der Anwendung, sowohl in der Praxis der Porsche AG als auch im Live-Lab, dass der Grundsatz des frühzeitigen systemischen Verständnisses von Zielen, wie die KaSPro – Karlsruher Schule der Produktentwicklung es im Produktprofil beschreibt, bei der Entwicklung komplexer mechatronischer Produkte nicht nur sinnvoll, sondern zwingend erforderlich ist. Relevante, konzeptbestimmende Produkteigenschaften, deren Ausprägung entscheidend für den Erfolg bzw. Misserfolg eines Produktes sind, müssen frühzeitig beschrieben und ihre Wechselwirkungen mit den technischen Teilsystemen verstanden werden. Nur so lässt sich die Entwicklung komplexer mechatronischer Produkte, wie dem Automobil, effizient gestalten. Flexibel anwendbare Methoden und Werkzeuge sind erforderlich, um erfolgreich mit Komplexität umgehen zu können und den Gesamtprodukterfolg sicherzustellen. Neben der prozessualen Konsequenz zeigt ein am Profilverständnis orientiertes Vorgehen jedoch vor allem, dass die Transparenz und damit die Akzeptanz des initialen Zielsystems steigen. Barrieren aufgrund etablierter, am technischen System orientierter Organisationsstrukturen werden reduziert. Durch die Sensibilisierung für übergeordnete Ziele und Prämissen im Rahmen des Fahrzeugentwicklungsprojektes und damit verbundener systemischer Wechselwirkungen initialer Ziele wird nicht nur das Projektmanagement, sondern vor allem der Entwickler selbst unterstützt. Seine Aktivitäten werden frühzeitiger und effektiver am Zielsystem des Gesamtfahrzeugs ausgerichtet und damit Hemmnisse und Reibungsverluste minimiert.

Das Modell der PGE nach ALBERS bildet nicht nur den Erklärungsrahmen zur Beschreibung von Entwicklungsprojekten, sondern auch die Basis für eine gezielte methodische Unterstützung realer Entwicklungsprojekte. Die Evaluation hat gezeigt, dass sich das konkrete Verständnis von Variationsarten (ÜV, GV, PV) gegenüber Referenzprodukten auf die Zielsystembildung übertragen und in konkrete Methoden und Werkzeuge übertragen lässt – auch für Produktgenerationen, welche noch weit von der Markteinführung entfernt sind ( $G_{n+1}$ ,  $G_{n+2}$ ). Insbesondere die Frühe Phase der PGE beschreibt ein Verständnis realer Entwicklungsprojekte, auf dessen Basis Methoden und Werkzeuge entwickelt werden können.



## **8 Zusammenfassung und Ausblick**

Der erste Abschnitt des abschließenden Kapitels fasst die Ergebnisse und die daraus gewonnenen Erkenntnisse zusammen und stellt diese mit der Zielsetzung für die Forschungsarbeit gegenüber. Im zweiten Abschnitt werden darauf aufbauend resultierende Forschungsfragen skizziert sowie Potenziale für weitere Forschungsarbeiten angeregt.

### **8.1 Zusammenfassung**

Ziel dieser Forschungsarbeit war es, das Verständnis des Produktprofils nach ALBERS auf den Anwendungsfall der Automobilentwicklung zu adaptieren, um die initiale Zielsystembildung im Rahmen von Fahrzeugentwicklungsprozessen zu unterstützen. Motiviert war dieses Ziel durch aktuelle Herausforderungen in der Automobilindustrie: insbesondere technologische Trends, wie die Elektromobilität, autonomes Fahren oder die zunehmende Vernetzung des Fahrzeugs, aber auch resultierende prozessuale und organisatorische Umbrüche müssen methodisch unterstützt werden. Der Stand der Forschung beschreibt vielfältige Ansätze zur Begegnung dieser Herausforderungen, lässt jedoch eine gezielte methodische Unterstützung offen. Produktkonkretisierungsmodelle beschreiben den grundsätzlichen Zusammenhang unterschiedlicher Anforderungsebenen an technische Systeme, lassen sich jedoch nur begrenzt operationalisieren. Das iPeM - integrierte Produktentstehungsmodell ermöglicht die Modellierung von Produktentstehungsprozessen und ihrer Sub-Prozesse, wie der initialen Zielsystembildung, ist jedoch als Meta-Modell für die Operationalisierung in realen Entwicklungsprozessen zu abstrakt. Auch konkrete Methoden, welche gezielt die Entwicklung initialer Zielsysteme unterstützen, werden nicht oder nicht umfassend beschrieben. Gleichzeitig erschließt das Beschreibungsmodell der PGE – Produktgenerationsentwicklung von ALBERS neue Potenziale, um reale Entwicklungsprojekte zu analysieren und gezielt zu unterstützen. Kern dabei ist, dass reale Entwicklungsprojekte zumeist nicht auf dem „weißen Blatt Papier“ entstehen. Vielmehr wird durch die Übernahme bestehender Teilsysteme aus Referenzprodukten und die gezielte Neuentwicklung ausgewählter Systeme eine neue Produktgeneration entwickelt, womit die Übernahme von Wissen und Erkenntnissen einhergeht.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit findet sich in Abbildung 8-1. Die Inhalte der einzelnen Kapitel sowie die verwendeten Forschungsmethoden

sind hier mit den zentralen Ergebnissen illustrativ gegenübergestellt. Die Struktur orientiert sich dabei an der DRM – Design Research Methodology.<sup>110</sup>

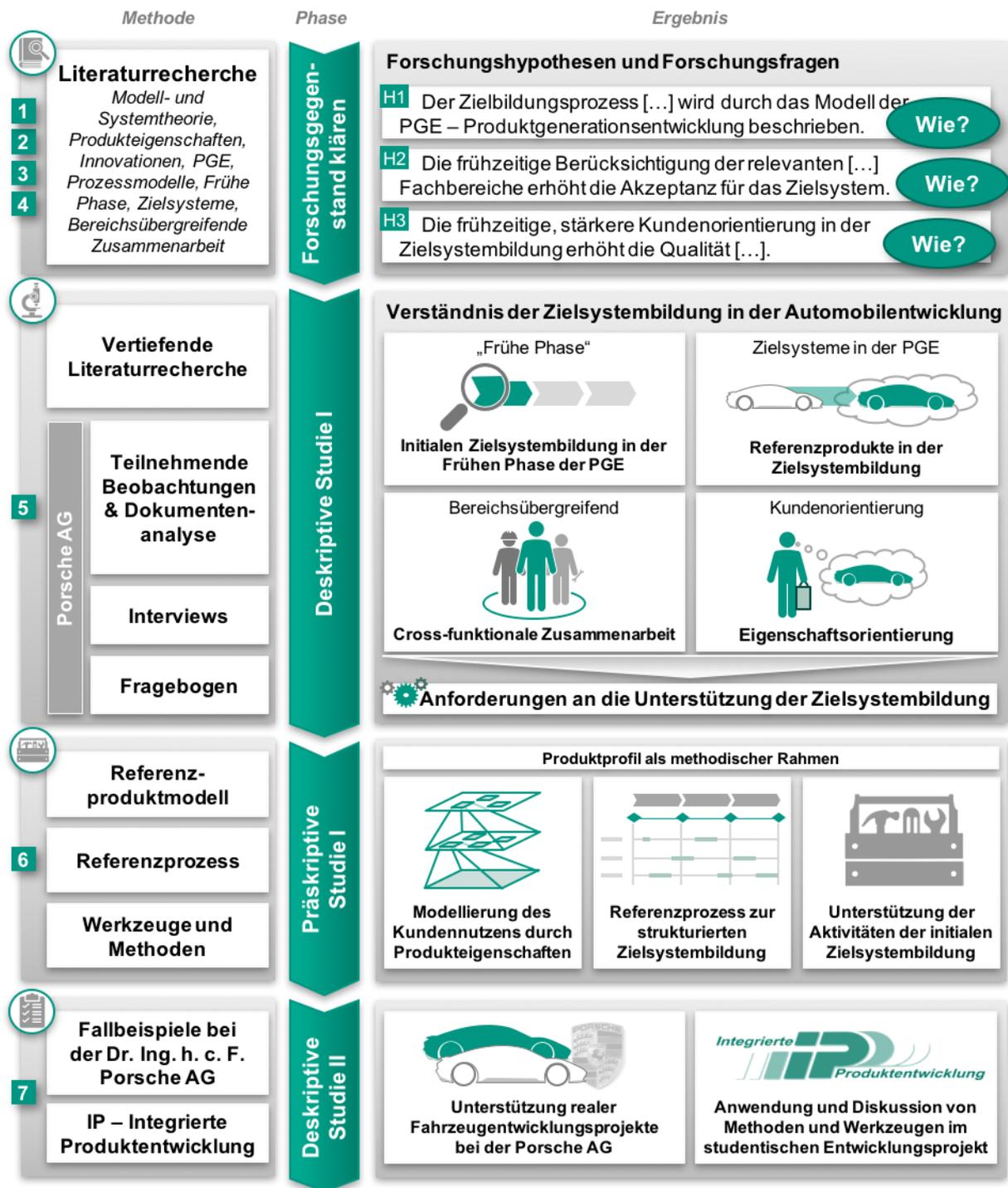


Abbildung 8-1: Zusammenfassung der Ergebnisse

Zur Klärung des Forschungsgegenstandes wurde aus der Motivation in der Einleitung sowie der Diskussion des Standes der Forschung die Forschungslücke für die Arbeit abgeleitet. Das Resultat war der Bedarf zur Konkretisierung bestehender Modelle und

<sup>110</sup> vgl. Abschnitt 4.3

Methoden aus der Forschung, welche die initiale Zielsystembildung mechatronischer Produkte unterstützen, um sie in den Anwendungsfall der Automobilentwicklung zu überführen. Basierend auf dem Verständnis der KaSPro – Karlsruher Schule der Produktentwicklung leitete sich damit das Ziel ab,

- ein Produktmodell zu beschreiben, welches dem Anwendungsfall der initialen Zielsystembildung genügt
- ein Prozessmodell zu entwickeln, welches die initiale Zielsystembildung in der Automobilentwicklung hinreichend strukturiert und konkretisiert
- Methoden und Werkzeuge zu entwickeln, welche gezielt den Prozess der initialen Zielsystembildung unterstützen.

Zur Erreichung dieser Ziele wurden anhand drei übergeordneter Hypothesen Fragenkomplexe identifiziert, deren Verständnis die Grundlage für die Entwicklung von Modellen und Methoden bildete:

- Welchen Einfluss hat das Verständnis der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung auf den Zielbildungsprozess?
- Wie lassen sich die verschiedenen organisationalen Funktionsbereiche in die Zielsystembildung integrieren?
- Wie kann eine stärkere Kundenorientierung die initiale Zielsystembildung verbessern?

Innerhalb dieses Rahmens wurde eine umfassende Deskriptive Studie I durchgeführt, um Anforderungen an die Unterstützung der initialen Zielsystembildung in der Automobilentwicklung abzuleiten.

### **Anforderungen an die Unterstützung der initialen Zielsystembildung**

Die Grundlage der Deskriptiven Studie I bildeten vertiefende Literaturrecherchen, welche die Herausforderungen und Besonderheiten des automobilen Entwicklungsprozesses beleuchten. Diese Ergebnisse wurden gezielt durch empirische Studien ergänzt: Beobachtende Studien in der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG konnten weitere Anforderungen aufzeigen. Unterstützt wurden diese Studien zusätzlich durch vertiefende Experteninterviews sowie eine Fragebogenstudie.

Die Ergebnisse der Deskriptiven Studie I bestätigten die besonderen Charakteristika der „Frühen Phase“ für den Automobilentwicklungsprozess, welche sich durch die Frühe Phase der PGE modellieren lässt. Neben einem deutlich weniger strukturierten Charakter zeichnet sie sich durch eine geringe Ressourcenverfügbarkeit sowie Management-Attention im Vergleich zu späteren Entwicklungsphasen aus. Hieraus resultiert eine maximale Flexibilität für Prozesse und Methoden. Zielsysteme in der Frühen Phase der PGE zeichnen sich durch große Heterogenität hinsichtlich ihrer

Konkretisierung aus. Auch in der initialen Zielsystembildung wird Wissen aus vorherigen Produktgenerationen und von anderen Referenzprodukten bewusst genutzt. Die Informationsqualität ist dabei jedoch sehr heterogen: Es wird zum einen sehr konkretes lösungsspezifisches Wissen genutzt und zum anderen werden unspezifische Differenzierungsziele beschrieben. Die gezielte Verknüpfung des lösungsspezifischen Wissens aus Referenzprodukten mit den geforderten lösungsoffenen Differenzierungszielen zeigte dabei großes Potenzial für die methodische Unterstützung. Die Studien zeigten darüber hinaus, dass das benötigte Wissen für die Zielsystembildung verteilt im Unternehmen vorliegt. Um den Anforderungen einer cross-funktionalen Zielsystembildung gerecht zu werden, sollte daher die Integration der Quellen für Ziele methodisch unterstützt werden. Kundenorientierung stellt einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die effektive Entwicklung erfolgreicher Produkte dar. Empirische Studien konnten zeigen, dass auch in der Frühen Phase der PGE in der Automobilentwicklung Bedarf für eine starke Kundenorientierung gesehen wird. Gleichzeitig bestehen sehr vielversprechende Ansätze zur Steigerung der Kundenorientierung in der Automobilentwicklung: Die eigenschaftsorientierte Fahrzeugentwicklung strukturiert das Gesamtfahrzeug anhand kundenerlebbarer Produkteigenschaften und bietet damit Potenzial für eine fokussierte Ausrichtung von Aktivitäten am Kundennutzen. Dennoch müssen darauf basierende Prozessmodelle und Methoden weiter erforscht werden.

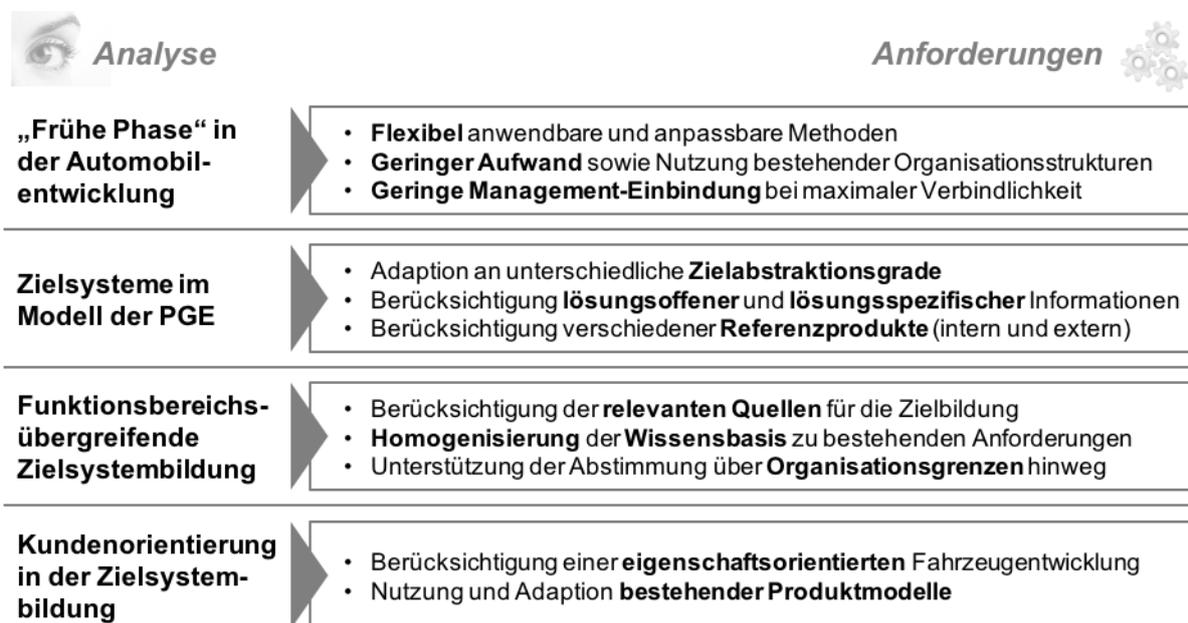


Abbildung 8-2: Anforderungen an die methodische Unterstützung der initialen Zielsystembildung

Unter Berücksichtigung der Anforderungen an die initiale Zielsystembildung sowie den analysierten Methoden aus der Praxis wurden in der Präskriptiven Studie Ansätze zur Unterstützung für den Anwendungsfall der Automobilentwicklung entwickelt.

### Unterstützung der initialen Zielsystembildung

Den Rahmen für die methodische Unterstützung bildete das Verständnis des Produktprofils nach ALBERS. Es wurde für den Anwendungsfall der Automobilentwicklung konkretisiert und in ein Produktmodell des Kundennutzens überführt. Das Referenzproduktmodell basiert dabei auf dem Eigenschaftsverständnis aus der Automobilentwicklung. Es musste jedoch insbesondere aufgrund der Anforderungen in der Frühen Phase der PGE von Automobilentwicklungsprozessen flexibel gestaltet werden. Außerdem wurde der Einfluss lösungsspezifischen Wissens im Kontext einer systematischen PGE beleuchtet und dem Referenzproduktmodell zugänglich gemacht. Auf Basis bestehender Eigenschaftsstrukturen in der automobilen Praxis sind mit diesem Verständnis Informationen aus Referenzprodukten für die Entwicklung einer neuen Produktgeneration verfügbar. Die unterschiedlichen Ebenen ermöglichen die Modellierung heterogener Kundenanforderungen sowie die bedarfsgerechte Identifikation von Referenzprodukten (vgl. Abbildung 8-3).

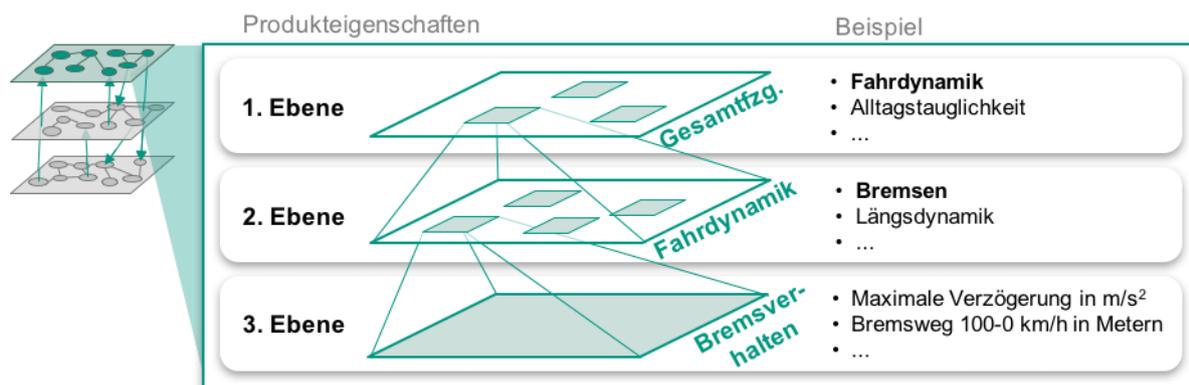


Abbildung 8-3: Referenzproduktmodell zur Beschreibung des Kundennutzens in heterogenen initialen Zielsystemen im Modell der PGE

Kern der Präskriptiven Studie war die differenzierte Beschreibung eines Referenzprozessmodells der initialen Zielsystembildung, welches für die verschiedenen Entwicklungssituationen in der Automobilentwicklung hinreichend ist. Grundlage bildet analog des Vorgehens nach dem Problemlösungsprozess SPALTEN die Situationsanalyse. Insbesondere die Auswirkungen technologischer Unsicherheit muss bei der *Bewertung der Entwicklungssituation* berücksichtigt werden. Nach der Klärung der Entwicklungssituation folgt eine fundierte *Umfeldanalyse und -prognose*. Die gesammelten Informationen zu Randbedingungen und Anforderungen an die Produktgeneration bilden die Wissensbasis für die anschließenden Aktivitäten der Produktdefinition. Das zentrale Element der Produktdefinition ist die Entwicklung des Eigenschaftsprofils. Hierbei wird zum einen der cross-funktionale Charakter der Zielsystembildung berücksichtigt und zum anderen die konsequente Orientierung am Kundennutzen gestärkt. Das *Eigenschaftsprofil* beschreibt dabei auf Basis

ausgewählter Produkteigenschaften die Relevanz und die notwendige Differenzierung gegenüber Referenzprodukten der Produktgeneration. Dem Ansatz einer systematischen PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS folgend wird das weitgehend lösungsoffen beschriebene *Produktprofil* der Produktgeneration abschließend *initial bewertet*, um die initiale Zielsystembildung abzuschließen. „Bewerten“ umfasst in diesem Fall die konsequente Gegenüberstellung mit bestehendem lösungsspezifischen Wissen in der Organisation. Sowohl projektspezifisches als auch übergreifendes Wissen hilft bei der Identifikation von Zielkonflikten und steigert die technische Konformität.

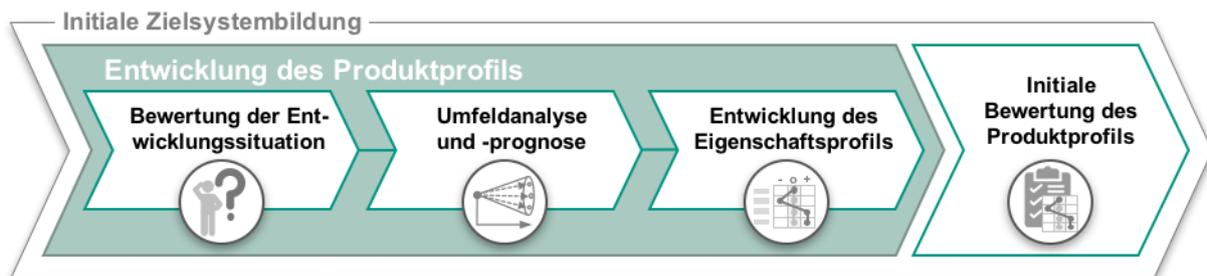


Abbildung 8-4: Referenzprozess der initialen Zielsystembildung

Zur gezielten Unterstützung des Referenzprozesses der initialen Zielsystembildung wurden im Rahmen der Forschungsarbeit spezifische Werkzeuge entwickelt. Die Bewertung der Entwicklungssituation wird durch das *Risiko-Framework* unterstützt. Für die Strukturierung der Umfeldanalyse wurde ein *Eigenschaftssteckbrief* entwickelt. Der Umgang mit Informationen zu Referenzprodukten wird durch die *Referenzprodukt-Datenbank* unterstützt. Das *Tool zur Live-Bewertung* unterstützt die Entwicklung des Eigenschaftsprofils. *Funktionale Produktsteckbriefe* und *Funktionssteckbriefe* ermöglichen die strukturierte Gegenüberstellung lösungsoffener und lösungsspezifischer Informationen und damit das Auflösen von Zielkonflikten (vgl. Abbildung 8-5).

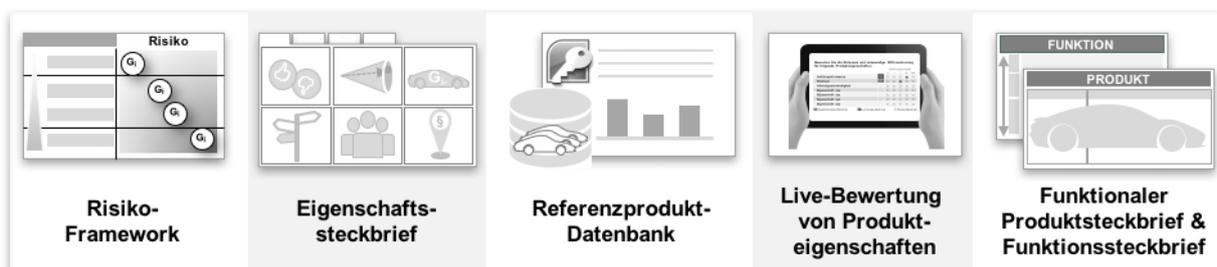


Abbildung 8-5: Werkzeuge zur Unterstützung der initialen Zielsystembildung

### Evaluation

Die Ergebnisse wurden in unterschiedlichen Entwicklungssituationen der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG evaluiert. Dabei wurden möglichst heterogene Entwicklungssituationen untersucht, sowohl hinsichtlich des Zeithorizonts bis zur

Markteinführung als auch hinsichtlich des Neuentwicklungsanteils technischer Teilsysteme. Der Referenzprozess ließ sich weitgehend auf die unterschiedlichen Situationen adaptieren und sorgte für eine strukturierte Vorgehensweise. Gleichzeitig zeigten die Anwendungsfälle jedoch auch, dass eine flexible Anwendung erforderlich ist. Die Beschreibung des Kundennutzens auf Basis flexibler Eigenschaftsstrukturen stellte für alle Projekte die Grundlage dar. Sie ermöglichte insbesondere die gezielte Wissensübernahme aus Referenzprojekten. Die entwickelten Methoden konnten ebenfalls angewendet werden, mussten jedoch teilweise situationsspezifisch angepasst werden. Die Rückmeldungen von den Projektteilnehmern waren positiv, sowohl zu der strukturierten Vorgehensweise als auch zu den angewendeten Methoden. Insbesondere die Anwendung des Tools zur Live-Bewertung von Produkteigenschaften wurde als Bereicherung für einen transparenten, fachbereichsübergreifenden Zielbildungsprozess empfunden.

Im Rahmen des studentischen Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung am IPEK – Institut für Produktentwicklung des KIT wurden gezielt einzelne Elemente des Prozessmodells vorgestellt und angewendet. Die fragebogengestützte Evaluation im Anschluss zeigte, dass insbesondere das Verständnis von Referenzprodukten für die Zielsystembildung essentiell ist. Ein eigenschaftsorientiertes Vorgehen wurde für die Beschreibung von Produktprofilen ebenfalls als zielführend bewertet (vgl. Abbildung 8-6).

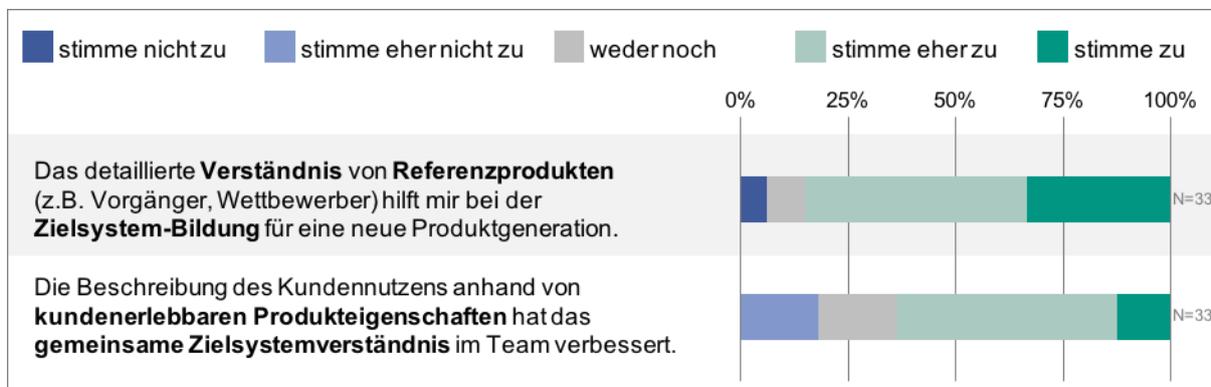


Abbildung 8-6: Auszug aus der Evaluation im Rahmen des studentischen Entwicklungsprojektes IP – Integrierte Produktentwicklung

Des Weiteren bewerteten die Studierenden die Nutzung ausgewählter Werkzeuge im Rahmen der initialen Zielsystembildung. Insbesondere das Eigenschaftsprofil zur Visualisierung und Diskussion unterschiedlicher Produktausprägungen und Szenarien wurde für die Abstimmung früher Zielsysteme als besonders nützlich empfunden. Der Mehrwert der Funktionalen Produktsteckbriefe und Funktionssteckbriefe wurde ebenfalls bestätigt. Gerade der strukturierte Aufbau ermöglicht es, die Wechselwirkungen lösungsoffener Eigenschaftsziele mit der technischen Realisierung gegenüberzustellen. Die Schlüsselrolle von Funktionen wurde dabei unterstrichen.

Zusammenfassend leistet diese Forschungsarbeit damit einen Beitrag zur Frühen Phase der PGE nach ALBERS – im speziellen für den Automobilentwicklungsprozess und allgemein für das Verständnis in der Produktentstehung. Erkenntnisse zur initialen Zielsystembildung wurden in diesem Kontext vertieft und eine spezifische, methodische Unterstützung für den Anwendungsfall der Automobilentwicklung erarbeitet. Die Erkenntnisse erweitern damit bestehende Prozesse und Modelle sowie Methoden und Werkzeuge der Zielsystembildung im Modell der PGE und stellen – dem Anspruch der KaSPro – Karlsruher Schule der Produktentwicklung folgend – den Bezug zur praktischen Umsetzung her.

### **8.2 Ergebnistransfer und Ausblick**

Die vorgestellten Ergebnisse und Erkenntnisse wurden für den Anwendungsfall der Automobilentwicklung erarbeitet. Sowohl die Erkenntnisse der Deskriptiven Studie I als auch die Evaluation in der Deskriptiven Studie II wurde im Rahmen von Untersuchungen bei der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG gewonnen. Daher kann mit dieser Arbeit kein uneingeschränkter Anspruch auf Repräsentativität erhoben werden.

Der Transfer der Erkenntnisse auf andere Organisationen innerhalb der Automobilentwicklung scheint unter der Berücksichtigung bestimmter Limitationen dennoch valide. Insbesondere die Ergebnisse der Deskriptiven Studie I basieren unter anderem auf umfassenden Literaturrecherchen, wodurch eine Generalisierbarkeit der Erkenntnisse angenommen werden kann. Auch die Erkenntnisse aus den empirischen Studien hatten das Ziel eines übergeordneten Verständnisses der Zielsystembildung und weniger die dezidierte Prozessanalyse innerhalb der Fallbeispiele. Sowohl die Literaturrecherche als auch die Diskussionen mit Experten zeigten, dass die beschriebenen Herausforderungen in vergleichbarer Form in anderen Organisationen ebenfalls vorliegen. Die daraus abgeleiteten Anforderungen an eine methodische Unterstützung können damit innerhalb der Branche übertragen werden.

Die Übertragung der Ergebnisse auf andere Branchen kann angenommen werden, muss jedoch überprüft werden. Rahmenbedingungen, die für die Anwendung der entwickelten Modelle, Prozesse, Methoden und Werkzeuge berücksichtigt werden müssen, sind eine hinreichende mechatronische Komplexität des Produkts und gemäß eines OEMs in der Automobilindustrie eine direkte Beziehung zum Anwender. Auch für Zulieferer können die Ansätze genutzt werden. Es muss jedoch konsequent nach Kundennutzen und Anwendernutzen unterschieden werden. Das Referenzproduktmodell fokussiert in seinen Produkteigenschaften den Anwender, welcher nur im Fall des Vertriebs an Endkunden mit dem Kundennutzen übereinstimmt.

Die Evaluation der Ergebnisse erfolgte hauptsächlich im Rahmen von Fallstudien eines ausgewählten Industriepartners – der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG. Spezifische

Rahmenbedingungen wurden zwar weitgehend minimiert, müssen aber dennoch berücksichtigt werden. An dieser Einschränkung besteht Potenzial für weitere vertiefende Studien, welche die Generalisierbarkeit und damit die Übertragbarkeit der Ergebnisse verbessern. Beispielsweise konnte keine Evaluation für eine Produktgeneration vorgenommen werden, welche keinen Vorgänger besitzt ( $G_1$ ). Aus den übergeordneten Erkenntnissen zur Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE ergeben sich außerdem fortführende Forschungsfelder und resultierende Forschungsfragen. Insbesondere im Anschluss an die initiale Zielsystembildung besteht Potenzial für weitere methodische Unterstützung.

Im Produktentstehungsprozess sind die bewussten und kontinuierlichen Iterationen zwischen Analyse und Synthese ein Hauptfaktor für die Entwicklung eines wettbewerbsüberlegenen Produktes: Anhand des Produktprofils – in dieser Arbeit insbesondere durch das Eigenschaftsprofil repräsentiert – müssen im nächsten Schritt technische Konzepte gefunden werden, die diesem genügen. Teilweise liegen diese Konzepte in den jeweiligen Fachbereichen bereits in der Frühen Phase der PGE vor – teilweise ist es notwendig, deren Konzipierung durch ein Top-Down-Anforderungsmanagement zu unterstützen. In beiden Fällen ist die Konkretisierung des initialen Eigenschaftsprofils notwendig. Ziel sollte sein, die Entwickler von Teilsystemen mit den richtigen Informationen zu versorgen, so dass die Ausgestaltung entsprechend des Produktprofils des Gesamtsystems geschehen kann. Anhand des Eigenschaftsprofils des Gesamtfahrzeugs ist dies nur bedingt möglich, da Informationen in der Tiefe nicht umfassend vorliegen. Die beschriebene Heterogenität der Ziele, auch induziert durch konkretes, frühzeitiges Wissen über die Variationsarten von Teilsystemen, führt zu einer hohen Komplexität in der Zielsystembildung. Um erfolgreich mit dieser Komplexität umgehen zu können, bedarf es weiterer Ansätze, die die Spezifikation einer Produktgeneration ausgehend vom Produktprofil strukturieren. In der Praxis lässt sich beobachten, dass sich das Produktprofil etwa durch Zielwerte, Produktfunktionen oder Use-Cases konkretisieren lässt. Um die Spezifikation ausgehend von Produktprofil und den kontinuierlichen Abgleich hinsichtlich der Erfüllung nachhaltig durchführen zu können, sind bestehende Produktmodelle zu hinterfragen und neue Kombinationen zu beschreiben. Darüber hinaus ist es notwendig, die verschiedenen Konkretisierungsansätze weiter zu differenzieren. Zu klärende Fragen sind hierbei unter anderem: Wie lässt sich das Zielsystem ausgehend vom Produktprofil Top-Down konkretisieren und spezifizieren? Wie lässt sich ein Zusammenhang zwischen Eigenschaftszielen und der Konkretisierungsart (Zielwert, Produktfunktion, Use-Case etc.) identifizieren? Wie können Variationsarten (Übernahmevariation – ÜV, Gestaltvariation – GV und Prinzipvariation – PV) für Teilsysteme anhand des Produktprofils frühzeitig identifiziert und festgelegt werden?

Eine weitere Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist, wie die langfristige, strategische Perspektive in Produktprofilen gestärkt und dennoch der Bezug zu den Variationsarten hergestellt werden kann. Die Betrachtung von zukunftsrobusten Szenarien bildet einen Ansatz, um Umfeldveränderungen (z.B. Technologie, Markt, Kunde, Wettbewerb) sowie Unternehmensstrategien systematisch vorauszudenken. Etablierte Ansätze der Szenario-Technik stellen den Bezug zum Produktportfolio-Management und der spezifischen Produktgeneration jedoch nicht umfänglich her. Der strategische Horizont der Szenario-Technik erfordert die Betrachtung mehrerer Produktgenerationen. Damit muss das generationsspezifische Profilverständnis um ein generationsübergreifendes Verständnis erweitert werden. In diesem Kontext sind entsprechend die Neuentwicklungsanteile allgemein, aber auch die Variationsanteile spezifisch, über Generationen hinweg zu planen, um den zukunftsrobusten Umgang mit Entwicklungsrisiken zu ermöglichen.

Daneben ist die kontinuierliche Definition, Realisierung und Bewertung einer Produktgeneration von entscheidender Bedeutung, um insbesondere frühzeitig die Entwicklung des „richtigen Produkts“ sicherzustellen. Ein erster Schritt hierfür ist die in dieser Arbeit beschriebene initiale Bewertung des Produktprofils. Der beschriebene Ansatz bezieht sich im Wesentlichen auf einen dokumentenbasierten Abgleich. Für eine durchgängige Validierung ist es jedoch notwendig, entlang des gesamten Produktentstehungsprozesses Entwicklungsgenerationen ausgehend von Produktreifegradvorgaben zu validieren – sowohl anhand virtueller Prototypen als auch physischer Prototypen. Neben der Wahl geeigneter Validierungsumgebungen für kundenerlebbare Produkteigenschaften und -funktionen stellt auch die Durchführung der entsprechenden Validierungsaktivitäten einen Ansatzpunkt für zukünftige Forschungsaktivitäten dar. Dies betrifft insbesondere die Validierung in der Frühen Phase der PGE, die in der industriellen Praxis häufig unzureichend systematisiert ist oder gar vollständig entfällt. Hier bietet der Einsatz virtueller und hybrider Validierungsumgebungen auf Basis der Virtual- und Augmented Reality-Technik in Zukunft großes Potenzial, dessen Nutzung jedoch einer entsprechenden methodischen Unterstützung des Produktentwicklers bedarf. Insbesondere sind durch eine solche Methode Aspekte der Kundenintegration im Rahmen der frühen Validierung zu adressieren.

## Literaturverzeichnis

- Ahmend, S. (2007):** Empirical Research in Engineering Practice. *International Journal of Design Research*, Vol.6, No.3, S. 359-380.
- Akao, Y. (1992):** *QFD – Quality Function Deployment*. Landsberg am Lech: Verlag Moderne Industrie.
- Albers, A. (1991):** Das Zweimassenschwungrad der dritten Generation – Optimierung der Komfoteigenschaften von PKW-Antriebssträngen. *Antriebstechnisches Kolloquium, Band 91*.
- Albers, A. & Matthiesen, S. (2002):** Konstruktionsmethodisches Grundmodell zum Zusammenhang von Gestalt und Funktion technischer Systeme – Das Elementmodell „Wirkflächenpaare & Leitstützstrukturen“ zur Analyse und Synthese technischer Systeme. *Konstruktion, Zeitschrift für Produktentwicklung, Band 54; Heft 7/8*. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag.
- Albers, A.; Saak, M. & Burkhardt, N. (2002):** Gezielte Problemlösung bei der Produktentwicklung mit Hilfe der SPALTEN-Methode. 47. *Internationales Wissenschaftliches Kolloquium*. Ilmenau: Technische Universität Ilmenau.
- Albers, A.; Burkardt, N.; Meboldt, M. & Saak, M. (2005):** SPALTEN problem solving methodology in the product development. In: Samuel, A. & Lewis, W. (Hrsg.): *Proceedings of the 15th International Conference on Engineering Design*. Australia, Melbourne: Barton & A.C.T: Engineers.
- Albers, A. & Meboldt, M. (2006):** A New Approach in Product Development, Based on Systems Engineering and Systematic Problem Solving. *AEDS 2006 WORKSHOP*. Paris, France.
- Albers, A. & Meboldt, M. (2007):** iPeMM- Integrated Product Development Process Management Model, Based on Systems Engineering and Systematic Problem Solving. *Proceedings of the 16th International Conference on Engineering Design - ICED 07*. Pilsen, Czech Republic.
- Albers, A. (2010):** Five Hypotheses and a Meta Model of Engineering Design Processes. *8th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2010*. Ancona, Italy.
- Albers, A.; Braun, A. & Muschik, S. (2010):** Ein Beitrag zum Verständnis des Aktivitätsbegriffs in der Produktentstehung. *Tag des Systems Engineering*. München.
- Albers, A.; Ebel, B. & Sauter, C. (2010):** Combining Process Model and Semantic Wiki. In: Marjanovic, D.; Storga, M.; Pavkovic, N. & Bojcetic, N. (Hrsg.): *Proceedings of the 11th International Design Conference*. Dubrovnik.
- Albers, A. & Muschik, S. (2010):** The Role and Application of Activities in the integrated product engineering model (iPeM). In: Marjanovic, D.; Storga, M.; Pavkovic, N. & Bojcetic, N. (Hrsg.): *Proceedings of the 11th International Design Conference*. Dubrovnik.
- Albers, A. (2011):** Der Entwickler im Zentrum des Systems der Produktentstehung. *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2011*, Stuttgart.
- Albers, A. & Braun, A. (2011a):** A generalised framework to compass and to support complex product engineering processes. *International Journal of Product Development*, 15, S. 6-25.
- Albers, A. & Braun, A. (2011b):** Der Prozess der Produktentstehung. In: Henning, F. & Moeller, E. (Hrsg.): *Handbuch Leichtbau – Methoden, Werkstoffe, Fertigung* (S. 5-30). München: Hanser.

- Albers, A.; Ebel, B. & Alink, T. (2011a):** Erfolgsfaktoren der Interdisziplinarität. Ein Bericht. In: Banse, G. & Fleischer, L.-G. (Hrsg.): *Wissenschaft im Kontext: Inter- und Transdisziplinarität in Theorie und Praxis* (1. Aufl.) (S. 203-214). Berlin: trafo Wissenschaftsverlag.
- Albers, A.; Lohmeyer, Q. & Ebel, B. (2011):** Dimensions of Objectives in Interdisciplinary Product Development Projects. In: Culley, S. J.; Hicks, B. J.; McAlloone, T.; Howard, T. J. & Dong, A. (Hrsg.): *Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design ICED 11* (S. 256-265). Kopenhagen.
- Albers, A.; Ebel, B. & Lohmeyer, Q. (2012):** Systems of Objectives in Complex Product Development. *9th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2012*. Karlsruhe.
- Albers, A. & Lohmeyer, Q. (2012):** Advanced Systems Engineering – Towards a Model-Based and Human-Centered Methodology. *9th International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering TMCE 2012*, Karlsruhe.
- Albers, A.; Klingler, S. & Ebel, B. (2013):** Modeling Systems of Objectives in Engineering Design Practice. *Proceedings of the 19th International Conference on Engineering Design ICED'13*. Seoul, South-Korea.
- Albers, A. & Wintergerst, E. (2014):** The Contact and Channel Approach (C&C<sup>2</sup>-A): relating a system's physical structure to its functionality. In: Blessing, L.T.M. & Chakrabarti, A. (Hrsg.): *An Anthology of Theories and Models of Design: Philosophy, Approaches and Empirical Explorations*. London: Springer.
- Albers, A.; Matthiesen, S.; Bursac, N.; Moeser, G.; Schmidt, S. & Lüdcke, R. (2014a):** Abstraktionsgrade der Systemmodellierung: von der Sprache zur Anwendung. In: Maurer, M. & Schulze, S. O. (Hrsg.): *Tag des Systems Engineering* (S. 183-192). Bremen: Carl Hanser Verlag.
- Albers, A.; Fischer, J.; Klingler, S. & Behrendt, M. (2014b):** Durchgängige Validierung und Verifizierung am Beispiel der akustischen Eigenschaften eines Elektrofahrzeugs. *Grazer Symposium Virtuelles Fahrzeug*. Graz.
- Albers, A.; Scherer, H.; Bursac, N. & Rachenkova, G. (2015a):** Model Bases Systems Engineering in Construction Kit Development – Two Case Studies. *Procedia CIRP, Volume 36*, S. 129-134.
- Albers, A.; Bursac, N. & Wintergerst, E. (2015b):** Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. *Konferenzband Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung*. Stuttgart.
- Albers, A.; Behrendt, M.; Klingler, S. & Matros, K. (2016a):** Verifikation und Validierung im Produktentstehungsprozess. In: Lindemann, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung* (S. 541-569). München: Carl Hanser Verlag.
- Albers, A.; Gladysz, B.; Heitger, N. & Wilmsen, M. (2016b):** Categories of Product Innovations – A Prospective Categorization Framework for Innovation Projects in Early Development Phases Based on Empirical Data. In: Wang, L. & Kjellberg, T. (Hrsg.): *26th CIRP Design Conference, Procedia CIRP, Band 50*, S. 135-140. Stockholm, Schweden.
- Albers, A.; Haug, F.; Heitger, N.; Arslan, M.; Rapp, S. & Bursac, N. (2016c):** Produktgenerationsentwicklung - Praxisbedarf und Fallbeispiel in der automobilen Produktentwicklung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung. 12. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung 2016* (S. 227-242), Berlin. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe.

- Albers, A.; Reiß, N.; Bursac, N. & Breitschuh, J. (2016):** 15 years of SPALTEN problem solving methodology in product development. *12th Biennial Norddesign 2016 Conference "Highlighting the Nordic Approach"*, NordDesign 2016. Trondheim, Norway.
- Albers, A.; Reiß, N.; Bursac, N. & Richter, T. (2016d):** iPeM – integrated Product engineering Model in context of Product Generation Engineering. *Proceedings of the CIRP 26th Design Conference Innovative Product Creation*. Stockholm.
- Albers, A.; Bursac, N. & Rapp, S. (2017):** Produktgenerationsentwicklung am Beispiel des Zweimassenschwungrads. *Forschung im Ingenieurwesen, Volume 81, Issue 1*, S. 13-31.
- Albers, A.; Bursac, N.; Heimicke, J.; Walter, B. & Reiß, N. (2017):** 20 years of co-creation using case based learning – An integrated approach for teaching innovation and research in Product Generation Engineering. *Proceedings of the 20th International Conference on Interactive Collaborative Learning*. Budapest.
- Albers, A.; Rapp, S.; Birk, C. & Bursac, N. (2017):** Die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung. *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung*. Stuttgart.
- Albers, A.; Grunwald, A.; Marthaler, F.; Reiß, N. & Bursac, N. (2018):** Experience Scenarios to Stimulate Creativity – Generating Solutions in the System of Systems of Seamless Mobility. In: Marjanović, D.; Štorga, M.; Škec, S.; Bojčetić, N. & Pavković, N. (Hrsg.): *Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference*. Dubrovnik.
- Albers, A.; Heimicke, J.; Hirschter, T.; Richter, T.; Reiß, N.; Maier, A. & Bursac, N. (2018a):** Managing Systems of Objectives in the agile Development of Mechatronic Systems by ASD – Agile Systems Design. *Proceedings NordDesign 2018*. Linköping, Sweden.
- Albers, A.; Heimicke, J.; Walter, B.; Basedow, G. N.; Reiß, N.; Heitger, N. & Bursac, N. (2018b):** Product Profiles: Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations. *Proceedings of the CIRP 28th Design Conference*. Nantes, France.
- Albers, A.; Heitger, N.; Haug, F.; Fahl, J.; Hirschter, T. & Bursac, N. (2018c):** Supporting Potential Innovation in the Early Phase of PGE – Product Generation Engineering: Structuring the Development of the Initial System of Objectives. *R&D Management Conference 2018: R&Designing Innovation*. Milano, Italy.
- Albers, A.; Rapp, S.; Heitger, N.; Wattenberg, F. & Bursac, N. (2018d):** Reference Products in PGE – Product Generation Engineering: Analyzing Challenges and Deriving Development Activities Based on the Hierarchy of Reference Products. *Proceedings of the CIRP 28th Design Conference*. Nantes, France.
- Albers, A.; Walter, B.; Wilmsen, M. & Bursac, N. (2018e):** Live-Labs as Real-World Validation Environments for Design Methods. In: Marjanović, D.; Štorga, M.; Škec, S.; Bojčetić, N. & Pavković, N. (Hrsg.): *Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference*. Dubrovnik.
- Albers, A.; Rapp, S.; Spadinger, M.; Richter, T.; Birk, C.; Marthaler, M.; Heimicke, J.; Kurtz, V. & Wessels, H. (2019):** The Reference System in the Model of PGE: Proposing a Generalized Description of Reference Products and their Interrelations. *International Conference on Engineering Design ICED*. Delft.
- Albers, A. A.; Kühn, A. & Dumitrescu, R. (2017):** Modellbasierte Entscheidungsunterstützung in der Produktgenerationenplanung. *TdSE - Tag des Systems Engineering 2017 Paderborn*. München: Hanser.

- Andreasen, M.M. (1980):** *Syntesemetoder på Systemgrundlag: bidrag til en konstruktionsteori* (Dissertation). Universität Lund.
- Bader, J. (2007):** *Die Hauptstellgrößen des Produktzielmanagements am Beispiel der Automobilentwicklung* (Dissertation). Technische Universität Dresden: Fakultät für Maschinenbau.
- Balsinger, P. (2005):** *Transdisziplinarität* (1. Aufl.). München: Fink.
- Birkhofer, H. (1980):** *Analyse und Synthese der Funktionen technischer Produkte*. Düsseldorf: VDI-Verlag
- Birkhofer, H. & Wäldele, M. (2009):** The concept of product properties and its value for research and practice in design. *Proceedings of the International Conference on Engineering Design ICED09*. Palo Alto, United States of America.
- Blessing L.T.M. & Chakrabarti A. (2009):** *DRM, a Design Research Methodology*. London: Springer.
- Braess, H.-H. & Seiffert, U. (2013):** *Handbuch Kraftfahrzeugtechnik* (7. Auflage). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Braun, A. (2013):** *Modellbasierte Unterstützung der Produktentwicklung - Potentiale der Modellierung von Produktentstehungsprozessen am Beispiel des integrierten Produktentstehungsmodells (iPeM)* (Dissertation) (Band 36). Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Brockhoff, K. (1989):** *Schnittstellen-Management: Abstimmungsprobleme zwischen Marketing und Forschung und Entwicklung* (1. Aufl.). Stuttgart: Carl Ernst Poeschel Verlag.
- Bucciarelli, L. L. (2002):** Between thought and object in engineering design. *Design Studies*, 23, 3, S. 219-231.
- Burghardt, M. (2012):** *Projektmanagement – Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Projekten* (8. Auflage). Erlangen: Publics Corporate Publishing.
- Bursac, N. (2016):** *Model Based Systems Engineering zur Unterstützung der Baukastenentwicklung im Kontext der Frühen Phase der Produktgenerationsentwicklung* (Dissertation) (Band 93). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Cooper, R. G. & Kleinschmidt, E. J. (1993):** Screening new products for potential winners. *Long Range Planning* 26, 6, S. 74-81.
- Cooper, R. G. (1994):** Perspective: Third-Generation New Product Processes. *Journal of Product Innovation Management*, Bd. 11, S. 3-14.
- Cross, N. (2008):** *Engineering Design Methods – Strategies for Product Design* (4. Edition). New Jersey: Wiley.
- Daenzer, W. F. & Huber, F. (1994):** *Systems Engineering – Methodik und Praxis* (8. Aufl.). Zürich: Verl. Industrielle Organisation.
- Darlington, M. J. & Culley, S. J. (2002):** Current Research in the Engineering Design Requiremen. *Journal of Engineering Manufacture*, Vol. 216, No. 3, S. 375-388.
- Defila, R. & Di Giulio, A. (1998):** Interdisziplinarität und Disziplinarität. In: Olbertz, J.-H. (Hrsg.): *Zwischen den Fächern – über den Dingen?: Universalisierung Versus Spezialisierung Akademischer Bildung* (1. Aufl.) (S. 111-130). Opladen: Leske + Budrich Verlag.

- Deubzer, F. & Lindemann, U. (2009):** Networked product modelling – use and interaction of product models and methods during analysis and synthesis. *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design ICED'09*. Stanford, USA.
- Dewar, R. D. & Dutton, J. E. (1986):** The adoption of radical and incremental innovations: An empirical analysis. *Management science*, 32, 11, S. 1422-1433.
- Diez, W. (2006):** *Automobil-Marketing: Navigationssystem für neue Absatzstrategien*. Landsberg am Lech: MI Wirtschaftsbuch.
- DIN 2330 (2013):** *DIN 2330:2013-07 Begriffe und Benennungen – Allgemeine Grundsätze*. Berlin: Beuth Verlag.
- Dörner, D. (2000):** *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen* (13. Auflage). Reinbek: Rowohlt.
- Dorociak, R.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J. & Iwanek, P. (2014):** Specification Technique CONSENS for the Description of Self-optimizing Systems. In: Gausemeier, J.; Rammig, F. & Schäfer, W. (Hrsg.): *Design Methodology for Intelligent Technical Systems* (S. 119-127). Berlin: Springer Verlag.
- Earl, C.; Johnson, J. & Eckert, C. M. (2005):** Complexity. In: Clarkson, P. J. & Eckert, C. M. (Hrsg.): *Design process improvement: A review of current practice* (1. Aufl.). London: Springer.
- Ebel, B. (2015):** *Modellierung von Zielsystemen in der interdisziplinären Produktentstehung* (Dissertation) (Bd. 85). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Ebert, C. (2012):** *Systematisches Requirements Engineering: Anforderungen ermitteln, spezifizieren, analysieren und verwalten*. Heidelberg: dpunkt.
- Eckert, C. M.; Alink, T. & Albers, A. (2010):** Issue driven analysis of an existing product at different levels of abstraction. *Proceedings of the International Design Conference – DESIGN 2010*. Dubrovnik.
- Ehrlenspiel, K. & Meerkamm, H. (2013):** *Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit* (5. Auflage). München: Carl Hanser.
- Eiletz, R. (1999):** *Zielkonfliktmanagement bei der Entwicklung komplexer Produkte – am Beispiel PKW-Entwicklung* (Dissertation). TU München.
- Ettlie, J. E.; Bridges, W. P. & O'keefe, R. D. (1984):** Organizational strategy and structural differences for radical versus incremental innovation. *Management Science*, 30, 6, S. 682-695.
- Euringer, C. (1995):** *Marktorientierte Produktentwicklung* (1. Aufl.). Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- Feldhusen, J.; Grote, K.-H.; Göpfert, J. & Tretow, G. (2013):** Technische Systeme. In: Feldhusen, J. & Grote, K.H. (Hrsg.): *Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung* (8. Auflage) (S. 237-279). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Förg, A.; Karrer-Müller, E. & Kreimeyer, M. (2016):** Produktarchitektur. In: Lindemann, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung* (S. 99-109). München: Carl Hanser Verlag.
- Funke, J. (2003):** *Problemlösendes Denken* (1. Auflage). Stuttgart: Kohlhammer.
- Galbraith, J. R. (1973):** *Designing complex organizations*. Reading: Addison-Wesley Pub. Co.

- Gassmann, O. & Schweitzer, F. (2014):** *Management of the Fuzzy Front End of Innovation* (1. Aufl.). Cham: Springer International Publishing.
- Gausemeier, J.; Lindemann, U.; Reinhart, G. & Wiendahl, H.-P. (2000):** Kooperatives Produktengineering – Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens. *HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 79*. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.
- Gausemeier, J.; Tschirner, C.; Dumitrescu, R. & Gaukstern, T. (2012):** Integrative Konzipierung von Produkt und Produktionssystem als Basis für eine erfolgreiche Produktentstehung. In: Stelzer, R.; Grote, K.H.; Brökel, F.R.; Feldhusen, J. (Hrsg.): *Entwerfen, Entwickeln, Erleben – Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung. 10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik* (S. 395-412). Dresden: Verlag der Wissenschaft.
- Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Steffen, D.; Czaja, A.; Wiederkehr, O. & Tschirner, C. (2013):** Systems Engineering in der industriellen Praxis. Paderborn.
- Gausemeier, J. & Plass, C. (2014):** *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen*. München: Carl Hanser Verlag.
- Gebauer, M. (2001):** *Kooperative Produktentwicklung auf Basis verteilter Anforderungen* (Dissertation). Universität Karlsruhe (TH).
- Gerpott, H. (1991):** *F&E und Produktion – Theoretische und empirische Analysen zu Schnittstellenproblemen im Innovationsprozeß unter besonderer Berücksichtigung personalwirtschaftlicher Aspekte* (Dissertation). München: Universität der Bundeswehr.
- Gessner, K. (2001):** *Package-Features für die Kommunikation in den frühen Phasen der Automobilentwicklung* (Dissertation). Technische Universität Berlin.
- Göpfert, J. (1998):** *Modulare Produktentwicklung: Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation* (Dissertation). München: Deutscher Universitätsverlag.
- Grabowski, H. & Geiger, K. (1997):** Neue Wege zur Produktentwicklung. Stuttgart: Raabe.
- Griffin, A. & Hauser, J. R. (1996):** Integrating R&D and Marketing: A Review and Analysis of the Literature. *Journal of Product Innovation Management*, 13, 3, S. 191-215.
- Hab, G. & Wagner, R. (2013):** *Projektmanagement in der Automobilindustrie - Effizientes Management von Fahrzeugprojekten entlang der Wertschöpfungskette* (4. Aufl.). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Haberfellner, R.; Nagel, P.; Becker, M.; Büchel, A. & von Massow, H. (1997):** *Systems Engineering – Methodik und Praxis* (9. Auflage). Zürich: Orell Füssli Verlag.
- Haberfellner, R.; de Weck, O.; Fricke, E. & Vössner, S. (2012):** *Systems Engineering – Grundlagen und Anwendung* (12. Auflage). Zürich: Orell Füssli Verlag.
- Hamel, G. & Prahalad, C.K. (1994):** *Competing for the Future*. Boston: Harvard Business School Press.
- Harrer, M.; Görich, H.-J.; Reuter, U. & Wahl, G. (2013):** 50 Jahre Porsche 911 Optimierung von Fahrwerkregelung und Bremssystemen. *ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift*, 115, 12, S.962-969.
- Hauschildt, J.; Salomo, S.; Schultz, C. & Kock, A. (2016):** *Innovationsmanagement* (6. Auflage). München: Vahlen.
- Heismann, R. & Maul, L. (2012):** Mit systematischem Innovationsmanagement zum Erfolg. In: Ili, S. (Hrsg.): *Innovation Excellence: wie Unternehmen ihre Innovationsfähigkeit systematisch steigern* (S. 39-60). Symposium Publishing GmbH.

- Heiss, S. F. (2009):** *Kundenwissen für Forschung und Entwicklung in der Automobilindustrie – Fallstudie und Modellentwicklung zum Wissen von und über Kunden* (Dissertation). Universität Augsburg.
- Heißing, B.; Ersoy, M. & Gies, S. (2011):** *Fahrwerkhandbuch. Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven* (3. Auflage). Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Hellenbrand, D. (2013):** *Transdisziplinäre Planung und Synchronisation mechatronischer Produktentwicklungsprozesse* (Dissertation). München: TU München.
- Henderson, R. & Clark, K. (1990):** Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, S. 9-30.
- Herrmann, A. (1998):** *Produktmanagement*. München: Vahlen Verlag.
- Herstatt, C. & Verworn, B. (2007):** Die frühen Phasen des Innovationsprozesses: Bedeutung und Charakteristika der frühen Phasen des Innovationsprozesses. In: Herstatt, C. & Verworn, B. (Hrsg.): *Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen, Methoden, neue Ansätze* (S.3-23). Wiesbaden: Gabler.
- Hirschter, T.; Heitger, N.; Haug, F.; Fahl, J.; Mandel, C.; Marthaler, F.; Walter, B. & Albers, A. (2018):** Zukunftsorientierte PGE – Produktgenerationsentwicklung: Ein Ansatz zur systematischen Überführung von Szenarien in Produktprofile in der Frühen Phase der PGE. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung. 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung 2018, Berlin*. Paderborn: HNI- Verlagsschriftenreihe.
- Holtorf, V. (2010):** *Teams im Front End: Steigerung des unternehmerischen Verhaltens durch strukturierte Teams* (Dissertation). Universität Münster.
- Hubka, V. (1984):** *Theorie Technischer Systeme* (2. Auflage). Berlin: Springer.
- Janich, N. & Zakharova, E. (2011):** Wissensasymmetrien, Interaktionsrollen und die Frage der „gemeinsamen“ Sprache in der interdisziplinären Projektkommunikation. *Fachsprache – International Journal of Specialized Communication*, 4, 3, S. 187- 204.
- Jetter, A. & Schröder, H. (2007):** Produktplanung mit Fuzzy Cognitive Maps. In: Herstatt, C. & Verworn, B. (Hrsg.): *Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen, Methoden, neue Ansätze* (S. 263-293). Wiesbaden: Gabler.
- Johannessen, J.-A.; Olsen, B. & Lumpkin, G. T. (2001):** Innovation as newness: what is new, how new, and new to whom? *European Journal of innovation management*, 4, 1, S. 20-31.
- Johne, F. A. & Snelson, P. A. (1988):** Success factors in product innovation: a selective review of the literature. *Journal of product innovation management*, 5, 2, S. 114-128.
- Jooß, C.; Welter, F.; Leisten, I.; Richert, A. & Jeschke, S. (2014):** Innovationsförderliches Knowledge Engineering in inter- und transdisziplinären Forschungsverbänden. In: Mai, M. (Hrsg.): *Handbuch Innovationen: Interdisziplinäre Grundlagen und Anwendungsfelder* (1. Aufl.) (S. 105-119). Wiesbaden: Springer VS.
- Jungert, M. (2013):** Was zwischen wem und warum eigentlich? Grundsätzliche Fragen der Interdisziplinarität. In: Jungert, M. & Romfeld, E. (Hrsg.): *Interdisziplinarität: Theorie, Praxis, Probleme* (2. Aufl.) (S. 1-12). Darmstadt: WBG.
- Kano, N.; Seraku, N. ; Takahashi, F. & Tsuji, S. (1984):** Attractive Quality and Must be Quality. *Quality Journal*, Vol. 14, No. 2, S. 39-48.

- Keeney, R.L. & Gregory, R.S. (2005):** Selecting Attributes to Measure the Achievement of Objectives. *Operations Research*, Vol. 53, No. 1, S. 1-11.
- Kern, E.-M.; Sackmann, S. & Koch, M. (2009):** Wissensmanagement in Projektorganisationen – Instrumentarium zur Überwindung von Wissensbarrieren. In: Keuper, F. & Neumann, F. (Hrsg.): *Wissens- und Informationsmanagement – Strategien, Organisation und Prozesse* (S. 53-69). Wiesbaden: Gabler.
- Khurana, A. & Rosenthal, S. (1997):** Integrating the Fuzzy Front End of New Product Development. *Sloan Management Review*, 6, S. 103-120.
- Kim, J. & Wilemon, D. L. (2002):** Focusing the fuzzy front-end in new product development. *R&D Management*, 32, 4, S. 269-279.
- Koen, P.; Ajamian, G.; Burkart, R.; Clamen, A. & Davidson, J. (2001):** *Providing Clarity and a Common Language to the Fuzzy Front End. Research-Technology Management*, Vol. 2001, S.46-55.
- Kohler, J. (2008):** *Wissenstransfer bei hoher Produkt- und Prozesskomplexität* (1. Aufl.). Wiesbaden; Gabler Verlag.
- Kohn, K. (2006):** Managing the balance of perspectives in the early phase of NPD: A case study from the automotive industry. *European Journal of Innovation Management*, 9, 1, S. 44–60.
- Kotler, P. & Bliemel, F. (1999):** *Marketing-Management* (9. Aufl.). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Kruse, P. J. (1996):** *Anforderungen in der Systementwicklung – Erfassung, Aufbereitung und Bereitstellung von Anforderungen in interdisziplinären Entwicklungsprojekten* (Dissertation). TU Clausthal.
- Lindemann, U. (2005):** Der Ingenieur und seine Designer – oder der Ingenieur und seine Partner? In: Reese J. (Hrsg.): *Der Ingenieur und seine Designer: Entwurf technischer Produkte im Spannungsfeld zwischen Konstruktion und Design* (1. Aufl.) (S. 297-307). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.
- Lindemann, U. (2009):** *Methodische Entwicklung technischer Produkte* (3. Auflage). Heidelberg: Springer.
- Löffler, M. & Einhorn, M. (2012):** Vom Kundenwissen zur Kundenorientierung – Trends in Marktforschung und CRM am Beispiel der Porsche AG. *Marketing Review St. Gallen*, Vol. 29, Iss. 2.
- Lohmeyer, Q. (2013):** *Menschzentrierte Modellierung von Produktentstehungssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Synthese und Analyse dynamischer Zielsysteme* (Dissertation). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie.
- Lühring, N. (2007):** Innovationsfördernde Organisationsstrukturen unter Berücksichtigung früher Innovationsphasen. In: Herstatt, C. & Verworn, B. (Hrsg.): *Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen, Methoden, neue Ansätze* (S. 138-164). Wiesbaden: Gabler.
- Lüthje, C. (2007):** Methoden zur Sicherstellung von Kundenorientierung in den frühen Phasen des Innovationsprozesses. In: Herstatt, C. & Verworn, B. (Hrsg.): *Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen, Methoden, neue Ansätze* (S. 39-60). Wiesbaden: Gabler.
- Mai, M. (2014):** *Handbuch Innovationen: Interdisziplinäre Grundlagen und Anwendungsfelder* (1. Aufl.), Wiesbaden: Springer VS.
- Marxen, L. & Albers, A. (2012):** Supporting Validation in the Development of Design Methods. *Proceedings of the International Design Conference – DESIGN 2012*. Dubrovnik.

- Marxen, L. (2014):** *A Framework for Design Support Development based on the integrated Product Engineering Model iPeM* (Dissertation). Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Matthiesen, S. (2002):** *Ein Beitrag zur Basisdefinition des Elementmodells "Wirkflächenpaare & Leitstützstrukturen" zum Zusammenhang von Funktion und Gestalt technischer Systeme* (Dissertation) (Band 6). Universität Karlsruhe (TH).
- McManus, H. & Hastings, D. (2005):** A Framework for Understanding Uncertainty and its Mitigation and Exploitation in Complex Systems. *Engineering systems Symposium*. Massachusetts, USA.
- Meboldt, M. (2008):** *Mentale und formale Modellbildung in der Produktentstehung – als Beitrag zum integrierten Produktentstehungs-Modell (iPeM)* (Dissertation). Universität Karlsruhe (TH).
- Meinel, C. & Thienen, J. (2016):** Design Thinking. *Informatik-Spektrum – Organ der Gesellschaft für Informatik e.V. und mit ihr assoziierter Organisationen*, S. 310-314.
- Meyer, A.; Kantsperger, R. & Schaffer, M. (2006):** Die Kundenbeziehung als ein zentraler Unternehmenswert – Kundenorientierung als Werttreiber der Kundenbeziehung. In: Günter, B. (Hrsg.): *Kundenwert: Grundlagen – Innovative Konzepte – Praktische Umsetzungen* (3. Aufl.) (S. 61-81). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Muschik, S. (2011):** *Entwicklung von Zielsystemen in der frühen Produktentstehung* (Dissertation) (Band 50). Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Oerding, J. (2009):** *Ein Beitrag zum Modellverständnis der Produktentstehung – Strukturierung von Zielsystemen mittels C&CM* (Dissertation). Universität Karlsruhe (TH).
- Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (2007):** *Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Grundlagen Erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung* (7. Auflage). Berlin: Springer.
- Peglow, N.; Powelske, J.; Birk, C.; Albers, A. & Bursac, N. (2017):** Systematik zur Differenzierung von Varianten im Kontext der Produktgenerationsentwicklung. *Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik*.
- Plattner, H.; Meinel, C. & Leifer, L. (2011):** *Design Thinking – Unterstand – Improve – Apply*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Pohl, K. (2007):** *Requirements Engineering – Grundlagen, Prinzipien, Techniken*. Heidelberg: dpunkt Verlag.
- Ponn, J. & Lindemann, U. (2011):** *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte – Systematisch von Anforderungen zu Konzepten und Gestaltlösungen* (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Pulm, U. (2004):** *Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung*. München: TU München.
- Reiß, N. (2018):** *Ansätze zur Steigerung der Methodenakzeptanz in agilen Prozessen der PGE – Produktgenerationsentwicklung* (Dissertation) (Band 112). Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Rozenburg, N.F.M. (2002):** Defining synthesis: on the senses and the logic of design synthesis. In: Chakrabarti, A. (Hrsg.): *Engineering Design Synthesis – Understanding, Approaches and Tools*. London: Springer.
- Ropohl, G. (1975):** Einleitung in die Systemtechnik. In: Ropohl, G. (Hrsg.): *Systemtechnik – Grundlagen und Anwendung* (S. 1-77). München: Hanser.

- Ropohl, G. (2009):** *Allgemeine Technologie – Eine Systemtheorie der Technik*. Karlsruhe: Universitätsverlag.
- Rudert, S. & Trumpfheller, J. (2015):** Vollumfänglich durchdacht – der Produktentstehungsprozess. *Porsche Engineering Magazin*, S. 10-13.
- Saatweber, J. (2016):** Produkte entwickeln mit QFD – Quality Function Deployment. In: Lindemann, U. (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung* (S. 629-671). München: Carl Hanser Verlag.
- Salomo, S.; Gemünden, H. G. & Billing, F. (2007):** Dynamisches Schnittstellenmanagement radikaler Innovationsvorhaben. In: Herstatt, C. & Verwon, B. (Hrsg.): *Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen, Methoden, neue Ansätze* (S. 215-248). Wiesbaden: Gabler.
- Schrimer, A. (1990):** Planung und Einführung eines neuen Produktes am Beispiel der Automobilindustrie. *ZfbF – Schmalenbachs Zeitschrift für betriebliche Forschung*, Vol. 42, No. 10, S. 892-907.
- Schubert, S.; Heller, J. E. & Feldhusen, J. (2012):** Produktmerkmale in der Entwicklung von kundenindividuellen Produkte. *Gemeinsames Kolloquium Konstruktionsstechnik KT2012*, S. 425-440. Dresden: TUDpress - Verlag der Wissenschaften GmbH.
- Schulte-Henke, C. (2007):** *Kundenorientiertes Target Costing und Zuliefererintegration für komplexe Produkte* (Dissertation). Universität Saarbrücken.
- Schulz, M. (2014):** *Der Produktentstehungsprozess in der Automobilindustrie – Eine Betrachtung aus Sicht der Logistik*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Schumpeter, J. A. (1939):** *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York: McGraw-Hill.
- Shaw, V.; Shaw, T. S. & Enke, M. (2003):** Conflict between engineers and marketers: the experience of German engineers. *Industrial Marketing Management*, 32, 4, S. 489-499.
- Song, X. M.; Montoya-Weiss, M. M.; Schmidt, J. B. (1997):** Antecedents and Consequences of Cross-Functional Cooperation: A Comparison of R&D, Manufacturing, and Marketing Perspectives. *Journal of Product Innovation Management*, 14, 1, S. 35-47.
- Souder, W. E. & Chakrabarti, A. K. (1980):** Managing the coordination of marketing and R&D in the innovation process. *TIMS Studies in the Management Sciences*, 15, S. 135-150.
- Stachowiak, H. (1973):** *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer-Verlag.
- Stahle, W. H.; Conrad, P. & Dydow, J. (1999):** *Management: Eine verhaltenswissenschaftliche Perspektive* (8. Aufl.). München: Vahlen.
- Stechert, C. (2010):** *Modellierung komplexer Anforderungen* (Dissertation). Technische Universität Braunschweig.
- Steiner, M. (2007):** *Nachfrageorientierte Präferenzmessung – Bestimmung zielgruppenspezifischer Eigenschaftssets auf Basis von Kundenbedürfnissen* (Dissertation). Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Stuffer, R. (1994):** *Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung* (1. Aufl.). München: Carl Hanser Verlag.
- Tatańczyk, B. (2009):** *Organisatorische Gestaltung der Frühen Phase des Innovationsprozesses: Konzeptionen, Methoden und Anwendung am Beispiel der Automobilindustrie* (Dissertation). Technische Universität Cottbus.

- Teufelsdorfer, H. & Conrad, A. (1998):** *Kreatives Entwickeln und innovatives Problemlösen mit TRIZ/TIPS*. Erlangen: Publicis MCD Verlag.
- Ulrich, K. (1995):** The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy, Volume 24, Issue 3*, S. 419-440.
- Utterback, J. M. & Abernathy, W. J. (1975):** A dynamic model of process and product innovation. *Omega, 3, 6*, S. 639-656.
- VDI 2206 (2004):** *Richtlinie VDI – Verein Deutscher Ingenieure 2206, Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*. Düsseldorf: Beuth Verlag.
- VDI 2221 (1993):** *VDI – Verein Deutscher Ingenieure 2221 – Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. Düsseldorf: Beuth Verlag.
- VDI 2221 (2018):** *VDI – Verein Deutscher Ingenieure 2221 – Entwicklung technischer Produkte und Systeme: Modell der Produktentwicklung*. Düsseldorf: Beuth Verlag.
- VDI 2519 (2001):** *VDI – Verein Deutscher Ingenieure: Richtlinie Vorgehensweise bei der Erstellung von Lasten- /Pflichtenheften*. Düsseldorf: Beuth Verlag.
- Verworn, B. (2005):** *Die frühen Phasen der Produktentwicklung. Eine empirische Analyse in der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik* (Dissertation). Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- von Bertalanffy, L. (1968):** *The Meaning of General System Theory – Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.
- von Both, P. (2004):** *Ein systemisches Projektmodell für eine kooperative Planung komplexer Unikate* (Dissertation). Universität Karlsruhe (TH).
- Walter, B.; Albers, A.; Haupt, F. & Bursac, N. (2016):** Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor – Konzipierung und Implementierung eines Live-Lab. *27th Symposium Design for X*. Jesteburg.
- Weber, C. (2012):** Produkte und Produktentwicklungsprozesse abbilden mit Hilfe von Merkmalen und Eigenschaften – eine kritische Zwischenbilanz. *Design for X - Beiträge zum 23. DfX-Symposium in Bamberg* (S. 25-62). Hamburg: TuTech.
- Weber, C. (2014):** Modelling Products and Product Development Based on Characteristics and Properties. In: Blessing, L.T.M. & Chakrabarti, A. (Hrsg.): *An Anthology of Theories and Models of Design: Philosophy, Approaches and Empirical Explorations*. London: Springer.
- Weck, O. D.; Eckert, C. M. & Clarkson, P. J. (2007):** A Classification of Uncertainty for Early Product and System Design. *Proceedings of the 16th International Conference on Engineering Design – ICED'07, Band 16*. Paris.
- Weinzierl, J. (2006):** *Produktreifegrad-Management in unternehmensübergreifenden Entwicklungsnetzwerken – Ein ganzheitlicher Ansatz zur Entscheidungsunterstützung im strategischen Anlaufmanagement* (Dissertation). Universität Dortmund.
- Wesner, E. (1977):** *Die Planung von Marketing-Strategien auf der Grundlage des Modells des Produktlebenszyklus* (Dissertation). Berlin: Freie Universität.
- Wiedemann, G.-E. (2013):** *Ableitung von Elektrofahrzeugkonzepten aus Eigenschaftszielen* (Dissertation). Technische Universität München.
- Wintergerst, E. (2015):** *Leitfaden zur deduktiven Gestaltvariation durch Ermittlung der funktionsbestimmenden Stellgrößen in der Produktgenerationsentwicklung* (Dissertation) (Band 86). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

- Wöhe, G. & Döring, U. (2013):** *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. München: Vahlen.
- Wynn, D.C.; Eckert, C.M. & Clarkson, P.J. (2007):** Modelling Iteration in Engineering Design. *Proceedings of the 16th International Conference on Engineering Design – ICED’07* (Band 16). Paris.
- Zingel, C. (2013):** *Basisdefinition einer gemeinsamen Sprache der Produktentwicklung und einer Modellierungstechnik für Zielsystem und Objektsystem technischer Systeme in SysML auf Grundlage des ZHO-Prinzips* (Dissertation) (Band 70). Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

## Studien-, Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten

Die nachfolgenden studentischen Abschlussarbeiten behandeln Fragestellungen im Kontext dieser Dissertation. Die Arbeiten wurden am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) vom Autor dieser Arbeit Co-betreut:

**Eberhardt, I. (2014):** *Wissen über den Kunden in der Produktentwicklung - Herausforderungen bei der Nutzung und Verteilung* (Bachelorarbeit). Hochschule Heidelberg. Betreuer: Weis, U., Co-Betreuer: Heitger, N., Heidelberg.

**Hirschter, T. (2017):** *Entwicklung einer Methode zur Unterstützung der technischen Zielbildung in der frühen Phase des Produktentstehungsprozesses* (Masterarbeit). Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn. Betreuer: Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Echterhoff, B. & Kage, M., Co-Betreuer, Paderborn.

**Lachenit, A. (2016):** *Entwicklung eines Modells zur Beschreibung und Unterstützung der funktionsbereichsübergreifenden Zielsystemerstellung in der frühen Phase der Produktentwicklung am Beispiel der Automobilindustrie* (Masterarbeit). IPEK – Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Betreuer: Albers, A., Co-Betreuer: Heitger, N., Karlsruhe.

**Müller, S. (2016):** *Anwendung der Produktgenerationsentwicklung in der Automobilindustrie zur Unterstützung der Zielsystembildung in der frühen Phase der Produktentstehung* (Masterarbeit). IPEK – Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Betreuer: Albers, A., Co-Betreuer: Heitger, N., Karlsruhe

**Rutkowski, L. (2015):** *Benchmark von Anforderungsmanagement- Tools in der frühen Phase des Produktentstehungsprozesses* (Bachelorarbeit). IPEK – Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Betreuer: Albers, A., Co-Betreuer: Heitger, N.; Kurrle, A., Karlsruhe.

**Wattenberg, F (2015):** *Unsicherheit im Produktentwicklungsprozess – Entwicklung eines Modells zum methodischen Umgang mit Stakeholdern in der Frühen Phase* (Bachelorarbeit). Institut für Entrepreneurship, TechnologieManagement und Innovation (EnTechnon), Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Betreuer: Weissenberger-Eibl, M., Co-Betreuer: Koch, J.; Heitger, N., Karlsruhe.

**Wilmsen, M. (2016):** *Kategorisierung von Produktprofilen in der Entwicklung mechatronischer Produkte* (Bachelorarbeit). IPEK – Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Albers, A., Co-Betreuer: Gladysz, B.; Heitger, N., Karlsruhe.