

Florian Marthaler

**Zukunftsorientierte Produktentwicklung –  
Eine Systematik zur Ableitung von  
generationsübergreifenden Zielsystemen  
zukünftiger Produktgenerationen durch  
strategische Vorausschau**

Future-Oriented Product Development –  
a Systematic Approach to Deriving  
Cross-Generational Systems of Objectives  
of Future Product Generations Through  
Strategic Foresight

Band 137

Systeme ■ Methoden ■ Prozesse

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Matthiesen  
(Hrsg.)

Florian Marthaler

**Zukunftsorientierte Produktentwicklung –  
Eine Systematik zur Ableitung von  
generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger  
Produktgenerationen durch strategische Vorausschau**

Future-Oriented Product Development –  
A Systematic Approach to Deriving Cross-Generational  
Systems of Objectives of Future Product Generations  
Through Strategic Foresight

Band 137

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



Copyright: IPEK • Institut für Produktentwicklung, 2021  
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



**Zukunftsorientierte Produktentwicklung –  
Eine Systematik zur Ableitung von generationsübergrei-  
fenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen  
durch strategische Vorausschau**

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. Florian Marthaler

Tag der mündlichen Prüfung: 23.04.2021

Hauptreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers

Korreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer







## 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 Wissenspotential 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,
- den 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 zur 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 137

Auf praktisch allen Märkten liegen heute die Randbedingungen eines Käufermarktes vor. Produkte aller Art und in jeder Ausprägung und auch in unterschiedlichsten Preisklassen stehen dem Konsumenten zur Verfügung. Gleiches gilt auch im Bereich der Investitionsgüter. Auch hier haben Unternehmen die Ausrüstung beschaffen, eine große Auswahl, die mittlerweile auch einen globalen Markt durch die Nutzung der Möglichkeiten des Internets beinhaltet. Damit ist für die Produzenten in allen Marktsegmenten eine extreme Wettbewerbssituation entstanden, die grundlegende Einflüsse auf die Gestaltung des Produktprogramms, das Portfolio der Leistungsangebote, aber auch der Innovations- und Investitionsplanung hat. Der hohe allseitige Marktdruck führt dabei zum einen zu einem hohen Bedarf in Richtung neuer Leistungsangebote und Produkterneuerungen und zum anderen in Richtung einer Verkürzung der Produktentstehungszeiten. Allenthalben werden von den Unternehmen neue Konzepte für agile Methoden abgefragt. Verbunden ist diese Entwicklung mit einer zunehmenden Komplexität der mechatronischen Lösungen, die heute in vielen Fällen – wie zum Beispiel im Bereich der Mobilität, aber auch von Industrie 4.0 – in System of Systems – SoS eingebunden werden müssen. Um hier überhaupt eine Wettbewerbsfähigkeit erreichen zu können, sind neue methodische Ansätze für die Produktplanung notwendig. Dabei kommt es insbesondere darauf an, durch entsprechende Modelle die realen Produktentstehungsprozesse auch methodisch abzubilden. Hierzu hat der Unterzeichner mit seiner Gruppe seit mehr als einem Jahrzehnt systematisch gearbeitet. Entstanden ist das Modell der *PGE – Produktgenerationsentwicklung*, das die in der Praxis beobachtbare reale Entwicklungssituation durch die Modellierung des Produktentstehungsprozesses als Abbildung eines Referenzsystems auf eine jeweils neue Produktgeneration durch nur wenige Operatoren ermöglicht. Das Referenzsystem beinhaltet dabei unterschiedliche Elemente, die aus dem eigenen Unternehmen, aber auch dem Wettbewerbsumfeld, anderen Branchen oder gar der Forschung gewonnen werden können. Je nach geplanter Produkterneuerung können dabei unterschiedlichste Lösungswege modelliert werden. Wichtig ist, dass dieses Modell erstmals konkret die, in der Praxis übliche, Entwicklung von Produkten in Generationen aufnimmt und in den Prozess einführt. So wird es möglich, Effizienz und Effektivität, aber auch die Planung von Produktprogrammen neu zu modellieren. Eine gänzliche Neuentwicklung – eine sogenannte *Whitepaper-Entwicklung* – ist im Kontext des PGE-Modells nur ein Sonderfall, eine sogenannten *Generation 1-Entwicklung*, bei der im Referenzsystem keine Vorgänger-Produktgeneration als Element vorhanden ist. Damit sind bestimmte Festlegungen der Architektur, aber auch möglicherweise die Nutzung dieser Vorgänger-Generation im Rahmen von Synthese- und Analyse-Prozessen nicht möglich, so dass eine solche *G1-Entwicklung* grundsätzlich mit einem höheren Risiko verbunden ist. Wichtig ist, dass dieses Modell nun auch erlaubt, mehrere in der Entwicklung befindliche Produktgenerationen, die nacheinander in den Markt gehen werden, zu betrachten und zu planen. Im Bereich des Automobilbaus ist

es zum Beispiel durchaus üblich, drei Produktgenerationen gleichzeitig in der Entwicklung zu haben. Dies bedeutet, dass die unmittelbar als nächstes an den Markt gehende Produktgeneration  $G_n$  und die Generation  $G_{n+1}$  und  $G_{n+2}$  gleichzeitig betrachtet werden. Bei einem üblichen *Time in Market* von fünf Jahren im Automobilbereich bedeutet dies einen Zeithorizont von zehn bis 15 Jahren. Dieses ganz neue Potenzial, das mit dem PGE-Modell erschlossen wird, erlaubt es nun, generationsübergreifend Zielsysteme zu formulieren, auf deren Basis dann die unterschiedlichen Produktgenerationen entwickelt werden können. Der Begriff des *Zielsystems* nimmt dabei ein weiteres grundlegendes Modell der *Karlsruher Schule für Produktentwicklung – KaSPro* auf, das auf die Systemtheorie von ROPOHL zurückgeht. Albers nutzt diesen Ansatz und beschreibt damit den kompletten Produktentstehungsprozess durch das Umsetzen eines Zielsystems durch das Handlungssystem – im Allgemeinen sind dies Methoden, Anlagen und vor allem Personal des jeweiligen entwickelnden Unternehmens – in ein Objektsystem. Dabei dient das Zielsystem dazu, initial die Zielrichtungen für die zu entwickelnde Produktlösung auf der Basis von Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen zu definieren. Das Handlungssystem entwickelt dann aus diesem initialen Zielsystem die jeweiligen Lösungsobjekte, die zunächst Produktmodelle sein können und final dann das jeweilige Produkt beinhalten. Alle im Produktentstehungsprozess erarbeiteten Artefakte werden im Objektsystem zusammengefasst. Dort befindet sich dann am Ende des Prozesses auch das finale, validierte und marktreife Produkt. Während des Entwicklungsprozesses wird das Zielsystem stetig weiter konkretisiert. Wird das Konstrukt des Zielsystems nun über mehrere Produktgenerationen gedacht, können Ziele, Randbedingungen, Anforderungen auch produktgenerationsübergreifend erarbeitet und formuliert werden. Hier sind unterschiedliche Methoden zur strategischen Vorausschau einzusetzen. An dieser Stelle setzt die wissenschaftliche Arbeit von Herrn Dr.-Ing. Florian Marthaler an. Er hat mit seiner Arbeit erstmals in dieser konkreten Form die Aspekte der strategischen Vorausschau unterschiedlicher Zeithorizonte im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung methodisch untersucht und mit Methoden und Werkzeugen unterlegt. Diese unterstützen nun sowohl in der strategischen als auch in der operativen Produktplanung, Produktentwicklung und Produktionssystementwicklung auf der Basis einer konsequenten Nutzung des PGE-Modells den Umgang mit den Herausforderungen heutiger und zukünftiger Produktsynthese und -validierung. Die Arbeit erbringt durch ihren ausgezeichneten wissenschaftlichen Aufbau und Ergebnisteil einen wichtigen Beitrag zur Forschung an Entwicklungsprozessen und zeigt gleichzeitig wertvolle Ansätze für die Praxis auf.

## Kurzfassung

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien zeigen, dass Produktentwickler<sup>1</sup> den Einsatz von Vorausschau als äußerst relevant ansehen, jedoch diese nicht ausreichend systematisch zur Findung und Validierung von Produktprofilen und Produktideen einsetzen. Dies ist unter anderem mit einem fehlenden Vertrauen in die generierten Vorausschauergebnisse begründet, sowie dadurch, dass diese häufig zu komplex sind und weniger auf konkrete Suchfelder mit Innovationspotential aufmerksam machen. In dieser Arbeit wird deshalb eine Systematik vorgestellt, die den Menschen im Mittelpunkt der Produktentwicklung (Albers, 2010), als kreativen Problemlöser der Technik zur Identifikation von Produktprofilen mit hohem Innovationspotential durch Vorausschau befähigt. Die Systematik folgt dabei dem Verständnis nach Dörner (1979), dass das Ziel einer jeden Produktentwicklung ist, einen unerwünschten Istzustand in einen erwünschten, zukünftigen Sollzustand zu überführen. Weiterhin folgt die Systematik basierend auf dem Verständnis des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers, dass jede Entwicklung auf Basis von Referenzen erfolgt. Das erste Modul der Systematik ist die Analyse des Istzustands. Dazu werden am Markt befindliche Referenzprodukte bezüglich deren heute relevanten Produkteigenschaften analysiert. Das zweite Modul ist die Synthese des Sollzustands durch Vorausschau zur Identifikation zukünftig relevanter Produkteigenschaften. Die Delta-Analyse ist das dritte Modul, bei dem ein Abgleich zwischen Ist- und Sollzustand erfolgt und eine Roadmap zur zielgerichteten Überführung vom Ist- in den Sollzustand abgeleitet sowie Suchfelder mit hohem Innovationspotential identifiziert werden. Das Nutzenversprechen der Systematik ist das Generieren von Wissen um zukünftig relevante Produkteigenschaften, das Richten der Kreativität der Produktentwickler auf Suchfelder mit hohem Innovationspotential, eine Priorisierung von Entwicklungsumfängen sowie eine strukturierte, dokumentierte und dadurch nachvollziehbare Entscheidungsfindung. Die durchgeführten Evaluationsstudien zur Anwendung der Systematik zeigen, dass Produktentwickler durch Anwendung der Systematik besser in der Lage sind, Vorausschauergebnisse für die Produktentwicklung zu nutzen. Dies zeigt sich insbesondere in den quantitativen Evaluationsnachweisen in der zweiten deskriptiven Studie: Zum einen steigt mit zeitlicher Exponierung der Probanden mit der Systematik der Erfüllungsgrad der identifizierten Erfolgsfaktoren. Zum anderen kann gezeigt werden, dass das Innovationspotential der mit der Systematik generierten Produktprofile höher ist, als durch den bisher eher unstrukturierten Einsatz von Methoden der Vorausschau in der Produktentwicklung.

---

<sup>1</sup> Unter „Produktentwickler“ sind selbstverständlich ebenso „Produktentwicklerinnen“ gemeint. Zur Erleichterung der Lesbarkeit wird in dieser Arbeit das generische Maskulinum verwendet.



## Abstract

The results from the studies carried out in this work clearly demonstrate that product developers consider the use of foresight to be extremely relevant, while not using it for the identification and validation of product profiles and product ideas. This is partly due to a lack of confidence in the generated foresight results, as well as to the fact that the results are often too complex and thus draw less attention to concrete search fields with high innovation potential. Therefore, this thesis presents a systematic approach that enables humans as the center of product development (Albers, 2010) and as creative problem solvers of technology, to identify product profiles with high innovation potential through foresight. The systematic approach follows the understanding of a problem according to Dörner (1979) by which the goal of every product development is to transform an undesired actual state into a desired, future target state. The systematic approach presented follows the basic hypothesis of the Model of PGE – Product Engineering of Albers namely that every development is based on references. The first module of the systematic approach is an analysis of the actual state. For this purpose, reference products on the market are analyzed with regards to currently relevant product characteristics. The second module is a synthesis of the target state through foresight for the identification of future relevant product characteristics. A delta analysis is the third module, in which a comparison between the actual state and the target state is carried out. A roadmap connecting the actual state with the target state is derived and search fields with high innovation potential are identified. The benefits of the systematic approach are knowledge generated about future relevant product characteristics, directing the creativity of product developers to search fields with high innovation potential, the prioritization of development scopes possible and the structuration and documentation of the decision-making process. Evaluation studies conducted on the application of the systematic show that product developers are enabled to exploit foresight results for product development better. This is particularly evident in the quantitative evaluation as part of the second descriptive study: The degree of fulfilment of the identified success factors increases with the time subject are exposed to the systematic. On the other hand, it can be shown that the innovation potential of product profiles generated with the systematic approach is higher than the innovation potential of product profiles generated by conventional methods of foresight used in practice today.



## Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeiten als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Zunächst möchte ich im Besonderen meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers danken, der mir zum einen den für den Kompetenzerwerb so wichtigen Gestaltungsfreiraum gab und zum anderen die dafür notwendigen Aufgaben und Funktionen übertrug. Durch diese gelebte Verantwortungsübernahme konnte ich nicht nur wissenschaftlich und fachlich lernen: Vor allem persönlich hat mich die gemeinsame Zeit am IPEK besonders geprägt. Bei Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Fleischer bedanke ich mich für die Übernahme des Korreferats und die vielen anregenden Gespräche und Impulse.

Beim gesamten IPEK-Team bedanke ich mich für die tolle und motivierende Atmosphäre und Zusammenarbeit sowie die gegenseitige Unterstützung. Die Zusammenarbeit hat mir großen Spaß bereitet! Besonders bedanken möchte ich mich bei Petra Müller, Markus Spadinger, Simon Rapp, Katharina Dühr, Jonas Heimicke und Thilo Richter.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Andreas Siebe, der mir bei jeglichem tiefgründigen wissenschaftlichen Diskurs mit größter Freude zur Seite stand. Ein großes Dankeschön richte ich an Herrn Dr.-Ing. Nikola Bursac für das persönliche Coaching und Mentoring über all die Jahre. Außerdem danke ich den Projektpartnern des IPEK und allen Studienteilnehmer. Essentiell wichtige Bestandteile dieser Arbeit sind im Rahmen von betreuten Abschlussarbeiten entstanden. Dazu möchte ich vor allem Jonas Bruns, Dennis Kühfuss, Simon Stehle sowie Eric Orsolani Uhlig danken.

Einen wesentlichen Beitrag an dieser Arbeit gebührt meinen Freunden für die ebenso wichtige Ablenkung. An dieser Stelle möchte ich Dir Urs und Dir Yanick Danke sagen.

Zum Gelingen dieser Arbeit möchte ich vor allem meiner Familie - meinen Eltern Rainer und Petra und meiner Verlobten Richa - danken. Danke, dass ihr mir immer den notwendigen gigantischen Rückhalt zur Realisierung dieser Arbeit verschafft habt. Hierfür bedanke ich mich von ganzem Herzen.



„You can't connect the dots looking forward; you can only connect them looking backwards. So you have to trust that the dots will somehow connect in your future. You have to trust in something – your gut, destiny, life, karma, whatever. This approach has never let me down, and it has made all the difference in my life.”

Steve Jobs, 2005



# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>i</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iii</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>ix</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>xxi</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>xxiii</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivation .....	1
1.2 Fokus der Arbeit .....	2
1.3 Aufbau der Arbeit.....	3
<b>2 Grundlagen und Stand der Forschung</b> .....	<b>7</b>
2.1 Innovationsverständnis im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung .....	7
2.1.1 Innovationsbegriff .....	7
2.1.2 Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung.....	15
2.1.3 Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung .....	20
2.1.4 Zwischenfazit.....	24
2.2 Mensch als kreativer Problemlöser der Technik .....	25
2.2.1 Problembegriff .....	26
2.2.2 Kreativität des Menschen .....	30
2.2.3 Methoden zur Unterstützung des kreativen Syntheseprozesses.....	33
2.2.4 Zwischenfazit.....	35
2.3 Strategische Vorausschau .....	35
2.3.1 Vorausschaubegriff .....	36
2.3.2 Instrumente zur Vorausschau .....	39
2.3.3 Einsatz von Vorausschau.....	49
2.3.4 Zwischenfazit.....	63
2.4 Systematische Literaturanalyse zur Konkretisierung der Wechselwirkungen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung.....	63
2.4.1 Ergebnisse der Wechselwirkungsanalyse.....	64
2.4.2 Zwischenfazit.....	73

<b>3</b>	<b>Zielsetzung und Vorgehensweise .....</b>	<b>77</b>
3.1	Zielsetzung.....	77
3.1.1	Forschungsbedarf .....	77
3.1.2	Forschungsprämissen.....	78
3.1.3	Forschungshypothese.....	79
3.1.4	Forschungsfragen .....	79
3.2	Vorgehensweise.....	80
3.2.1	Forschungsmethode .....	81
3.2.2	Untersuchungsmethoden.....	88
3.3	Zwischenfazit.....	91
<b>4</b>	<b>Zielsystem der Systematik zur Integration von Vorausschau in der Produktentwicklung.....</b>	<b>93</b>
4.1	Vorstudie zur Klärung des Forschungsgegenstands.....	94
4.2	Fragebogenstudie zur Anwendung von Vorausschau .....	103
4.2.1	Bedarfe an Vorausschau in der Produktentwicklung.....	104
4.2.2	Szenarien zur langfristigen Vorausschau in der Produktentwicklung.....	113
4.2.3	Vorausschau in den Frühen Phasen der Produktentwicklung..	117
4.3	Zwei-stufige Expertenstudie zur Ableitung von Erfolgsfaktoren zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung.....	121
4.3.1	Erste Runde der Expertenstudie.....	122
4.3.2	Zweite Runde der Expertenstudie.....	128
4.4	Zwischenfazit.....	130
<b>5</b>	<b>Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau .....</b>	<b>133</b>
5.1	Systematische Operationalisierung der Erfolgsfaktoren.....	133
5.2	Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung.....	136
5.2.1	Festlegung der Variante der Systematik.....	139
5.2.2	Ist-Analyse: Analyse und Bewertung der Kernkompetenzen des Unternehmens.....	142
5.2.3	Ist-Analyse: Definition und Analyse des Referenzsystems .....	143
5.2.4	Soll-Analyse: Identifikation von Umfeldpotentialen.....	146
5.2.5	Soll-Analyse: Bewertung von Umfeldpotentialen.....	155
5.2.6	Potentialanalyse: Bewertung des Inventionspotentials .....	160
5.2.7	Potentialanalyse: Bewertung der Innovationspotentiale.....	165
5.2.8	Potentialanalyse: Ableitung einer generationsübergreifenden Entwicklungsroadmap.....	168
5.2.9	Potentialumsetzung: Generieren und Validieren von Produktprofilen und -ideen auf (Teil-)systemebene.....	169
5.2.10	Visualisierung der Systematik als Erklärvideo .....	170

5.3	Zwischenfazit.....	173
<b>6</b>	<b>Evaluation der Systematik in der Produktentwicklung.....</b>	<b>175</b>
6.1	Support-, Application- und Success-Evaluation in dieser Arbeit.....	176
6.1.1	Support- und Application-Evaluation im Kontext dieser Arbeit .....	177
6.1.2	Success-Evaluation im Kontext dieser Arbeit .....	179
6.2	Abgeleitetes Evaluationskonzept der zweiten deskriptiven Studie im Kontext dieser Arbeit .....	180
6.2.1	Untersuchungsumgebungen .....	181
6.2.2	Dreistufiges Evaluationskonzept .....	182
6.2.3	Feldstudien: Erster Teilschritt des Evaluationskonzepts.....	183
6.2.4	Labor-Studien: Zweiter Teilschritt des Evaluationskonzepts ....	183
6.2.5	Live-Lab-Studien: Dritter Teilschritt des Evaluationskonzepts..	185
6.3	Anwendung des Evaluationskonzepts auf die in dieser Forschungsarbeit entwickelte Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung... ..	186
6.3.1	Anwendung der Systematik in Feldstudien .....	186
6.3.2	Anwendung der Systematik in einer Laborstudie mit Test- und Kontrollgruppe .....	199
6.3.3	Anwendung der Systematik im Live-Lab.....	207
6.4	Zwischenfazit.....	210
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>213</b>
7.1	Zusammenfassung .....	213
7.2	Ausblick .....	222
7.2.1	Modell zur integrierten Beschreibung von Planung und Entwicklung auf Basis des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung .....	222
7.2.2	Zukunftsrobuste Erweiterung von Baukästen .....	224
7.2.3	Durchgängige Modellierung in der Frühen Phase der PGE.....	225
7.2.4	XR-basierte Produktprofilfindung und -validierung durch Vorausschau.....	226
7.2.5	Datenbasierte Ansätze zur Entwicklung von Szenarien .....	226
7.2.6	SoS – System of Systems im Kontext des Einsatzes von Vorausschau.....	228
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>CCXXXI</b>
	<b>Glossar .....</b>	<b>CCL</b>



# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Forschungsfeld und relevante angrenzende Forschungsfelder (Darstellungsform nach Blessing & Chakrabarti, 2009).....	3
Abbildung 1.2:	Aufbau und Vorgehensweise im Kontext der vorliegenden Arbeit (Darstellung nach Bursac, 2016).....	4
Abbildung 2.1:	Innovationsverständnis nach Albers et al. (2018).....	9
Abbildung 2.2:	Modellierung eines Produktprofils anhand des Produktprofil-Schemas am Beispiel des Zweimassenschwungrads nach Albers, A., Heimicke, Walter et al. (2018).....	11
Abbildung 2.3:	Klassierung von Produktinnovationen (Henderson & Clark, 1990) .....	12
Abbildung 2.4:	Innovationsverständnis nach Nagji und Tuff (2012) .....	14
Abbildung 2.5:	Kategorien von Innovationen nach Hausschild et al. (2016) ....	15
Abbildung 2.6:	Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung. Darstellung nach Albers et al. (2019).....	17
Abbildung 2.7:	Modell des PGE-Risikoportfolios nach Albers, Rapp, Birk und Bursac (2017).....	19
Abbildung 2.8:	Eigenschaftsprofil am Beispiel eines Sportwagens (Hirschter et al., 2018) .....	22
Abbildung 2.9:	Degradierung von Merkmalen im Kano-Modell nach Albers, Bursac und Wintergerst (2015).....	23
Abbildung 2.10:	Lebenszyklen von Produktgenerationen (Wesner, 1977); Darstellung nach Albers, Bursac und Wintergerst (2015) .....	24
Abbildung 2.11:	Not- und Planungssituation nach Albers et al. (2005) .....	27
Abbildung 2.12:	Spektrum unterschiedlicher Probleme (Eigene Darstellung nach Dette, 1976) .....	28
Abbildung 2.13:	Spektrum Klassifikation von Barrieretypen nach Dörner (1979) .....	29
Abbildung 2.14:	3-Komponentenmodell der Kreativität nach Amabile et al. (1996); Darstellung nach Albers, Grunwald, Marthaler, Reiß und Bursac (2018).....	32

Abbildung 2.15:	InnoBandit zur zielgerichteten Stimulierung der Kreativität des Produktentwicklers (Heimicke et al., 2018) .....	34
Abbildung 2.16:	Ebenen des Vorausschaubegriffs in deutscher und englischer Sprache (eigene Darstellung).....	36
Abbildung 2.17:	Von strategischer Frühwarnung zu strategischer Frühaufklärung (Raffée & Wiedmann, 1998).....	38
Abbildung 2.18:	Profil zur Kategorisierung von Methoden der Vorausschau.....	40
Abbildung 2.19:	Methodenprofil der Delphi-Methode anhand einer Beispielfrage .....	41
Abbildung 2.20:	Drei Ebenen der Vorausschau nach Fink und Siebe (2011)....	42
Abbildung 2.21:	Drei Grundprinzipien des strategischen Einsatzes von Szenarien (Siebe, 2018).....	44
Abbildung 2.22:	Kategorisierung von Szenarien nach Börjeson et al. (2005)....	46
Abbildung 2.23:	Abgeleitetes Anforderungsprofil an Szenario-Methode.....	47
Abbildung 2.24:	Phasen des Szenario-Prozesses (Gausemeier & Plass, 2014) .....	48
Abbildung 2.25:	Einsatz von Vorausschau in verschiedenen, allgemeinen Aktivitäten (Tyssen, 2012) .....	50
Abbildung 2.26:	Vorgehensmodelle im Überblick (VDI 2221) .....	53
Abbildung 2.27:	Münchener Vorgehensmodell (MVM) (Lindemann, 2009) .....	54
Abbildung 2.28:	3-Zyklen-Modell der Produktentstehung (Gausemeier et al., 2001).....	55
Abbildung 2.29:	V-Modell für den Entwurf mechatronischer Systeme nach VDI 2206 .....	56
Abbildung 2.30:	VDI-Richtlinie-2221 (Blatt 1) nach Überarbeitung (VDI 2221)..	57
Abbildung 2.31:	iPeM – Integriertes Produktentstehungsmodell im Kontext des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung (Albers, Reiß, et al., 2016) .....	58
Abbildung 2.32:	Problemlösungsprozess SPALTEN nach Albers et al. (2005) .	59
Abbildung 2.33:	4-Quadranten-Modell des szenariobasierten Innovationsmanagements (Fink & Siebe, 2016) .....	61
Abbildung 2.34:	Beispiele für die Verwendung von Vorausschau-Informationen in den Aktivitäten der Produktentstehung (Meyer-Schwickerath, 2014).....	62
Abbildung 2.35:	Logik des Referenzmodells im Kontext dieser Arbeit nach Blessing und Chakrabarti (2009) .....	64

Abbildung 2.36:	Farbschema des Referenzmodells (Kühfuss, 2018) .....	65
Abbildung 2.37:	Einordnung der einzelnen Ausschnitte im Gesamtmodell (schematische Darstellung) (Kühfuss, 2018).....	66
Abbildung 2.38:	Ausschnitt 1 – Fokus auf das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung (Kühfuss, 2018) .....	67
Abbildung 2.39:	Ausschnitt 2 – Variationsanteile in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung (Kühfuss, 2018) .....	68
Abbildung 2.40:	Ausschnitt 3 – Vorausschau und Unsicherheiten (Kühfuss, 2018) .....	69
Abbildung 2.41:	Ausschnitt 4 – Szenarien (Kühfuss, 2018).....	70
Abbildung 2.42:	Ausschnitt 5 – Chancen und Risiken in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018).....	71
Abbildung 2.43:	Ausschnitt 6 – Akzeptanz-, Wissensmanagement und Vorausschau (Kühfuss, 2018) .....	73
Abbildung 3.1:	Spiral of Applied Research (Eckert et al., 2003) für das vorliegende Forschungsvorhaben; Darstellungsform nach Bursac (2016) ..	81
Abbildung 3.2:	DRM (Blessing & Chakrabarti, 2009) für das vorliegende Forschungsvorhaben; Darstellungsform nach Bursac (2016) ..	83
Abbildung 3.3:	Support-, Application und Success-Evaluation nach Blessing und Chakrabarti (2009) .....	86
Abbildung 3.4:	Nicht-Überschneidung unterschiedlicher Effektstärken nach Cohen (1988) .....	87
Abbildung 3.5:	integrated Design Support Development Modell für das vorliegende Forschungsvorhaben (Marxen, 2014).....	88
Abbildung 3.6:	Empirische Untersuchungsmethoden (Bursac, 2016; Marxen, 2014) – Fragebogen .....	89
Abbildung 3.7:	Empirische Untersuchungsmethoden (Bursac, 2016; Marxen, 2014) – Interview .....	90
Abbildung 3.8:	Empirische Untersuchungsmethoden (Bursac, 2016; Marxen, 2014) – Teilnehmende Beobachtung.....	90
Abbildung 4.1:	Vorgehen der ersten deskriptiven Studie .....	94
Abbildung 4.2:	Ausgewählte Konferenzen zur Durchführung der Data Mining Analysen .....	96
Abbildung 4.3:	Schnittmenge der je 25 häufigsten Wörter der betrachteten wissenschaftlichen Publikationen der ISPIM Conference .....	97

Abbildung 4.4:	Schnittmenge der je 25 häufigsten Wörter der betrachteten Publikationen des Symposiums für Vorausschau und Technologieplanung .....	98
Abbildung 4.5:	Schnittmenge der je 25 häufigsten Wörter der betrachteten wissenschaftlichen Publikationen der International Conference of Design Engineering .....	98
Abbildung 4.6:	Zusammenhang zwischen Zukunft und Risiken/Chancen sowie Unsicherheit/Sicherheit (normierte Darstellung).....	102
Abbildung 4.7:	Wechselwirkungen zwischen Produktentwicklung und Vorausschau .....	103
Abbildung 4.8:	Ablauf der Studie .....	104
Abbildung 4.9:	Studienpanel (Kühfuss, 2018) .....	105
Abbildung 4.10:	Angaben der Teilnehmer zur Anwendung von Vorausschau-Methoden (Mehrfachauswahl) (Kühfuss, 2018) .....	106
Abbildung 4.11:	Gründe, weshalb keine Vorausschau-Methoden angewandt werden (Mehrfachauswahl) (Kühfuss, 2018).....	109
Abbildung 4.12:	Einschätzung der Teilnehmer zu Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018).....	111
Abbildung 4.13:	Einschätzung der Teilnehmer zu Szenariotechnik in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018).....	112
Abbildung 4.14:	Bewertung von Einflussmöglichkeiten auf das Verständnis des Kunden (Kühfuss, 2018) .....	115
Abbildung 4.15:	Einschätzung der Teilnehmenden zur Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018).....	116
Abbildung 4.16:	Relevanz von Aktivitäten für den Erfolg von Produktentwicklungsprojekten in Unternehmen (Kühfuss, 2018) .....	118
Abbildung 4.17:	Häufigkeit von Problemen in den beschriebenen Aktivitäten (Kühfuss, 2018) .....	118
Abbildung 4.18:	Bewertung von Anforderungen der Produktentwicklung an Vorausschau (Kühfuss, 2018) .....	119
Abbildung 4.19:	Bewertung von Aussagen zur Kundeneinbindung in der Frühen Phase der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018) .....	120
Abbildung 4.20:	Vorgehen zur zweistufigen Expertenstudie (Orsolani Uhlig, 2019).....	121
Abbildung 4.21:	Studienpanel der Expertenstudie (Orsolani Uhlig, 2019) .....	128

Abbildung 4.22:	Relevanz der Erfolgsfaktoren (Orsolani Uhlig, 2019) .....	129
Abbildung 4.23:	Konsolidierung des Bedarfs an Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018) .....	130
Abbildung 5.1:	Zusammenhang von Istzustand (Gegenwart), Sollzustand (Zukunft) und der Barriere (Komplexität) in der Planungssituation; Darstellung nach Marthaler, Stehle, Siebe und Albers (2020) .....	137
Abbildung 5.2:	Vorgehensmodell der Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung nach Marthaler und Orsolani Uhlig, et al. (2019) .....	138
Abbildung 5.3:	Kurzfristige Variante, mittelfristige Variante und langfristige Variante der Systematik in Abhängigkeit des Planungshorizonts .....	140
Abbildung 5.4:	Unterstützung zur Auswahl des Instruments zur Vorausschau je nach Planungshorizont und der Grundorientierung .....	141
Abbildung 5.5:	Ergebnis der Kernkompetenzanalyse .....	143
Abbildung 5.6:	Vorgehen zur Ableitung von Produkteigenschaften durch Analyse der Elemente des Referenzsystems anhand des Leitbeispiels .....	144
Abbildung 5.7:	Kreativität im Kontext von Vorausschau (Albers, Grunwald, et al., 2018) .....	146
Abbildung 5.8:	Intuitives und deduktives Vorgehen zur Identifikation zukünftig relevanter Produkteigenschaften .....	148
Abbildung 5.9:	Deduktiver Ansatz zur Findung zukünftig relevanter Produkteigenschaften nach Marthaler und Orsolani Uhlig, et al. (2019) & Marthaler und Stehle, et al. (2020) .....	149
Abbildung 5.10:	Modellierung von Szenarien als Video am Beispiel der Szenarien der Methodenanwendung (Albers, Bursac, et al., 2017) .....	150
Abbildung 5.11:	Modellierung einer exemplarischen Persona als Impulsgeber zur Ableitung von zukünftig relevanten Produkteigenschaften (Marthaler, Dühr, et al., 2019) .....	151
Abbildung 5.12:	Modellierung Auszug aus den Projektionen der Szenarien (Fink, 2020) .....	152
Abbildung 5.13:	Exemplarisches Vorgehen zur Ableitung von Produkteigenschaften anhand von Szenarien anhand des Leitbeispiels .....	153

Abbildung 5.14:	Modell als Bezugsgröße zur Unterstützung der Relevanzbewertung, auf Basis von Kano (Kano et al., 1984)	156
Abbildung 5.15:	Auftragung der gewichteten Relevanz einer Produkteigenschaft und deren Standardabweichung nach Marthaler und Stehle, et al. (2020)	159
Abbildung 5.16:	PGE-Risikoportfolio als Bezugsgröße zur Unterstützung der Bewertung des Inventionspotentials; PGE-Risikoportfolio nach Albers und Rapp, et al. (2017)	161
Abbildung 5.17:	Auftragung des gewichteten Inventionspotentials einer Produkteigenschaft und deren Standardabweichung nach Marthaler und Stehle, et al. (2020)	164
Abbildung 5.18:	Zusammenführung von Relevanz und Inventionspotential nach Marthaler und Stehle, et al. (2020)	166
Abbildung 5.19:	4-Felder Portfolio – Zusammenhang von Inventionspotential und Robustheit zur Ableitung von Empfehlungen für die Variation von Produkteigenschaften (Marthaler, Orsolani Uhlig, et al., 2019; Marthaler, Stehle, et al., 2020)	168
Abbildung 5.20:	Exemplarische Entwicklungsroadmap auf Produkteigenschaftsebene (Marthaler, Stehle, et al., 2020)	169
Abbildung 5.21:	Entwickelte Produktprofile als Entwicklungsaufträge für Entwicklerteams (Stehle, 2019)	170
Abbildung 5.22:	Visualisierung der Systematik als Bildergeschichte (1) (Krastev, 2019)	171
Abbildung 5.23:	Visualisierung der Systematik als Bildergeschichte (2) (Krastev, 2019)	172
Abbildung 5.24:	Generierte Ergebnisse durch Anwendung der Systematik	174
Abbildung 6.1:	Exemplarische Visualisierung der Success-Evaluation	180
Abbildung 6.2:	Erarbeitetes Evaluationskonzept (Bruns, 2020)	182
Abbildung 6.3:	Bewertungskriterien und deren Optimierungsrichtungen	184
Abbildung 6.4:	Übersicht ausgewählter Vorstudien	187
Abbildung 6.5:	Abgeleitete Entwicklungsroadmap für die zukünftigen Produktgenerationen des Track&Trace Systems	191
Abbildung 6.6:	Studienergebnisse der Application-Evaluation im Fallbeispiel Trumpf Track&Trace System	192
Abbildung 6.7:	Abgeleitete Entwicklungsroadmap (Finster, 2019)	194

Abbildung 6.8:	Durchschnittlicher Erfüllungsgrad der Erfolgsfaktoren (Marthaler, Finster, Siebe, Bursac & Albers, 2019) .....	195
Abbildung 6.9:	Studie zum Erfüllungsgrad der Erfolgsfaktoren nach Anwendung des Design Supports in Feldstudien (Bruns, 2020) .....	197
Abbildung 6.10:	Korrelationsanalyse zwischen Relevanz der Erfolgsfaktoren und deren Erfüllungsgrad.....	198
Abbildung 6.11:	Anzahl generierter Produktideen pro Gruppe und pro Teilnehmer (Bruns, 2020) .....	200
Abbildung 6.12:	Ergebnisse der Bewertung der Produktideen durch Probanden (Bruns, 2020) .....	201
Abbildung 6.13:	Standardabweichungen und Effektstärken der Bewertung der Produktideen durch Probanden (Bruns, 2020) .....	202
Abbildung 6.14:	Ergebnisse der Bewertung der Ideen durch Experten (Bruns, 2020) .....	203
Abbildung 6.15:	Standardabweichungen und Effektstärken Bewertung der Ideen durch Experten (Bruns, 2020).....	204
Abbildung 6.16:	Ergebnisse der Umfrage (Bruns, 2020) .....	206
Abbildung 6.17:	Ergebnisse der Rangfolgenwertung der Produktprofile (Bruns, 2020) .....	208
Abbildung 6.18:	Anteil detaillierter Ideen aus zu evaluierenden Design Support (Bruns, 2020) .....	209
Abbildung 6.19:	Darstellung der Ergebnisse Expertenbewertung der detaillierten Ideen (Bruns, 2020) .....	210
Abbildung 7.1:	Zusammenhang von Innovationen und der Befassung mit der Zukunft; Innovationsverständnis nach (Albers, Heimicke, Walter, et al., 2018).....	214
Abbildung 7.2:	Forschungsfeld und relevante angrenzende Forschungsfelder (Blessing & Chakrabarti, 2009) .....	214
Abbildung 7.3:	Vorgehen der ersten deskriptiven Studie .....	216
Abbildung 7.4:	Diskrepanz zwischen Bedarf und tatsächlicher Anwendung in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018) .....	217
Abbildung 7.5:	Studienergebnis: Erfolgsfaktoren mit besonders großer Relevanz .....	217
Abbildung 7.6:	Studienergebnis: Vorgehensmodell der entwickelten Systematik (Marthaler, Orsolani Uhlig, et al., 2019).....	218

Abbildung 7.7:	Herleitung der Definitionen von Zukunftsrobustheit und Inventionspotential.....	219
Abbildung 7.8:	Umfrageergebnisse der Feld- & Laborstudie im Vergleich (Bruns, 2020).....	220
Abbildung 7.9:	Ergebnis einer Studie im Live-Lab IP hinsichtlich der Zukunftsrobustheit und des Inventionspotentials der entwickelten Produktprofile (Bruns, 2020).....	221
Abbildung 7.10:	ARC-Diagramm zur Verortung möglicher Forschungsvorhaben .....	222
Abbildung 7.11:	PGE-Planungsportfolio für die Beschreibung von Wechselwirkungen des Modells der PGE mit der strategischen Planung.....	223
Abbildung 7.12:	Vom klassischen zum zukunftsrobusten Baukasten (eigene Darstellung) .....	224
Abbildung 7.13:	Beispielhafte Repräsentation des erzeugten Datenmodells (Hirschter et al., 2018) .....	225
Abbildung 7.14:	Simulierte VR-Umgebung zur Findung von Produktprofilen durch VR-Technologie.....	226
Abbildung 7.15:	Struktur des Algorithmus zur teil-automatisierten Einflussanalyse.....	227
Abbildung 7.16:	Kombinierte Betrachtung von systemunabhängigen Szenarien (Inceoglu, 2019).....	229

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Typen von Forschungsvorhaben nach Blessing und Chakrabarti (Blessing & Chakrabarti, 2009; Bursac, 2016) .....84
Tabelle 2:	ICED Konferenz: Autorennennung je Wortgruppen .....100
Tabelle 3:	ISPIM Konferenz: Autorennennung je Wortgruppen .....101
Tabelle 4:	Vorteile der gewählten Methoden zur Vorausschau (Kühfuss, 2018) .....107
Tabelle 5:	Nachteile der gewählten Methoden zur Vorausschau (Kühfuss, 2018) .....108
Tabelle 6:	Maßnahmen für den effizienteren Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018) .....108
Tabelle 7:	Gewünschte Veränderungen für den Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018) .....110
Tabelle 8:	Ergebnisse der Studie zum Einsatz von Szenarien (Kühfuss, 2018) .....114
Tabelle 9:	Erkenntnisse der Expertenstudie (Kühfuss, 2018) .....125
Tabelle 10:	Erfolgsfaktoren, die die zu entwickelnde Systematik auszeichnet (Kühfuss, 2018) .....127
Tabelle 11:	Maßnahmen zur Operationalisierung der Erfolgsfaktoren (Teil 1) .....134
Tabelle 12:	Maßnahmen zur Operationalisierung der Erfolgsfaktoren (Teil 2) .....135
Tabelle 13:	Auszug des Produkteigenschaftskatalogs (Stehle, 2019) .....145
Tabelle 14:	Auszug des Produkteigenschaftskatalogs (Stehle, 2019) .....154
Tabelle 15:	Ergebnis der Bewertung der Relevanz .....156
Tabelle 16:	Ergebnis der Bewertung der gewichteten Relevanz.....157
Tabelle 17:	Ergebnis der Bewertung der Standardabweichung der gewichteten Relevanz.....158
Tabelle 18:	Gewichtete Relevanz und Standardabweichung der gewichteten Relevanz.....159
Tabelle 19:	Ergebnis der Bewertung des umfeldspezifischen Inventionspotentials .....161

Tabelle 20:	Ergebnis der Bewertung des gewichteten Inventionspotentials .....	162
Tabelle 21:	Ergebnis der Bewertung der Standardabweichung gewichteten Inventionspotentials.....	163
Tabelle 22:	Gewichtetes Inventionspotential und Standardabweichung des gewichteten Inventionspotentials.....	164
Tabelle 23:	Standardisierter Fragebogen zur Durchführung der Support- und Application-Evaluation (Bruns, 2020) .....	177
Tabelle 24:	Übersicht der publizierten Evaluationsstudien .....	188

# Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
DRM	Design Research Methodology
GfK	Gesellschaft für Konsumforschung
ICED	International Conference on Engineering Design (ICED)
iPeM	integriertes Produktentstehungs-Modell
ISPIM	International Society for Professional Innovation Management
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
MVM	Münchener Vorgehensmodell
OEM	Original Equipment Manufacturer
PE	Produktentstehung
PEP	Produktentstehungsprozess
PGE	Produktgenerationsentwicklung
RM	Reference Model
SoS	System of Systems
SVT	Symposium für Vorausschau und Technologieplanung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VR	Virtual Reality



# 1 Einleitung

Das oberste Ziel des Ingenieurwesens ist es, der Gesellschaft zu dienen. Dazu müssen technische Lösungen gefunden werden, die die gesellschaftlichen Probleme von morgen adressieren (Frigo, Marthaler, Ott, Albers & Hillerbrand, 2020). Als Probleme von morgen sind dabei potentielle Abweichungen von heutigen Ist- und zukünftigen Sollzuständen zu verstehen. Die Aufgabe des Ingenieurwesens ist es, zukünftig relevante Abweichungen frühzeitig zu antizipieren, technische Lösungen zu entwickeln und erfolgreich am Markt einzuführen. Es kann beispielsweise aufgrund des Megatrends hin zu einer stärker werdenden Shared-Economy davon ausgegangen werden, dass Hygiene im Fahrzeuginnenraum durch die Vielzahl unterschiedlicher Nutzer zukünftig, auch unter Berücksichtigung alternativer Szenarien, eine deutlich höhere Relevanz zugeschrieben wird als heute. Würden jedoch einzelne Individuen im Rahmen von Nutzerstudien befragt werden, so würde der Fokus eher auf heutigen Problemen wie der Verfügbarkeit von Fahrzeugen oder Schnittstellenproblemen zwischen Fahrzeug und Smartphone liegen. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass eine Beschäftigung mit heutigen Problemen alleine nicht genügt.

Folglich ist die systematische Auseinandersetzung mit der Zukunft unerlässlich. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird deshalb der systematische Einsatz von Methoden zur strategischen Vorausschau in der Produktentwicklung erforscht.

## 1.1 Motivation

Die Produktentwicklung unterliegt markt- und technologiebedingten Unsicherheiten (Henderson & Clark, 1990). Entscheidend für den Produkterfolg ist es, frühzeitig die zukünftig relevanten Kundenbedürfnisse sowie die Geschwindigkeit von Technologieentwicklungen zu antizipieren, um die notwendigen Differenzierungsmerkmale gegenüber dem Wettbewerb in den einzelnen Produktgenerationen voraussehen, entwickeln und vorplanen zu können (Albers, Dumitrescu, et al., 2018). Dazu kommen unterschiedliche Methoden des Zukunftsmanagements zum Einsatz (Fink & Siebe, 2016). Zur Planung von Produktgenerationen mit langfristigem Zeithorizont werden insbesondere Zukunftsszenarien genutzt (Fink, Schlake & Siebe, 2001). Es existieren eine Reihe von Methoden zur Entwicklung dieser Szenarien, die in sich geschlossene und anerkannte Konzepte darstellen (Gausemeier & Plass, 2014). Eine von Albers und Gausemeier (2012) durchgeführte Studie fordert eine vorausschauende und systemorientierte Produktentwicklung. Dies bedarf einer integrierten

Systematik, die die durch Vorausschau generierten Erkenntnisse für die frühzeitige Antizipation sowie Realisierung von notwendigen Differenzierungsmerkmalen in der Produktentwicklung ermöglicht. Das 3-Zyklus-Modell von Gausemeier und Plass (2014) adressiert diese Notwendigkeit der integrierten Betrachtung von Vorausschau und Produktentstehung in einer übergreifenden Betrachtung. Es besteht dem hingegen ein Potential, den Produktentwickler anhand eines konkreten Vorgehensmodells sowie durch die Bereitstellung von Methoden auf einer tieferen Detailebene beim Einsatz von Vorausschau zu unterstützen.

## 1.2 Fokus der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit wird auf die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers fokussiert, da in dieser Phase die für die Forschungsarbeit relevanten Entscheidungen getroffen werden müssen. Diese Phase zeichnet sich durch eine sehr große Unsicherheit aus. Für diese Arbeit sind insbesondere die Unsicherheiten gegenüber den zukünftigen Kundenanforderungen und deren Einfluss auf die Kundenzufriedenheit relevant.

Ein spezieller Fokus liegt neben der zunächst getrennten Betrachtung von Produktentwicklung und Vorausschau auf der Analyse des Menschen als kreatives Zentrum der Produktentwicklung in der Schnittstellenbetrachtung von Vorausschau und Produktentwicklung.

Auf Seiten der Produktentwicklung wird zunächst das Innovationsverständnis geschärft und Beschreibungsmodelle analysiert, die die lösungsoffene Beschreibung zukünftiger Produkte sowie eine zukunftsrobuste Planung der Produkte über mehrere Generationen ermöglichen. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers gelegt. Diese Fokussierung erfolgt, da Produktentwicklung in dieser Arbeit nicht als Entwicklung auf dem weißen Blatt verstanden wird, sondern davon ausgeht, dass immer Referenzen gefunden werden können. Darüber hinaus wird die Zielsystembildung mit einem Fokus auf das Produktprofil nach Albers analysiert.

Auf Seiten der Vorausschau werden zunächst der Vorausschaubegriff eingeführt und eingegrenzt. Darüber hinaus werden unterschiedliche Instrumente zur Vorausschau betrachtet. Weiterhin erfolgt eine Analyse des Einsatzes von Vorausschau in Unternehmen und speziell im Produktentstehungsprozess. Dabei wird unter anderem das Verständnis von Vorausschau im 3-Zyklus-Modell nach Gausemeier, im MVM – Münchner Vorgehensmodell nach Lindemann sowie im iPeM – Integriertes Produktentstehungs-Modell nach Albers untersucht.

In der Schnittstellenbetrachtung werden die Wechselwirkungen von Vorausschau und Produktentwicklung durch explizit in der Literatur genannte Zusammenhänge beleuchtet.

Die folgende Abbildung 1.1 stellt die Forschungsfelder dieser Arbeit in gegenseitigem Kontext dar. Die Nummerierung entspricht der Struktur des Stands der Forschung.

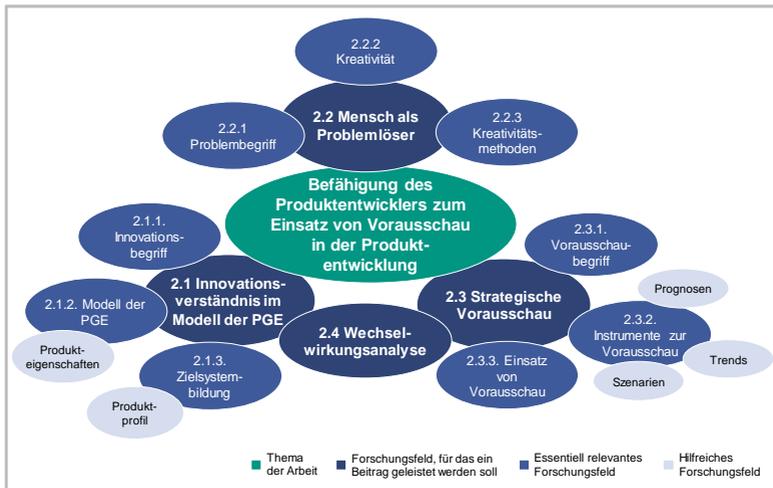


Abbildung 1.1: Forschungsfeld und relevante angrenzende Forschungsfelder (Darstellungsform nach Blessing & Chakrabarti, 2009)

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Forschungsarbeit setzt sich, wie in der folgenden Abbildung 1.2 erkenntlich, aus sieben Kapiteln zusammen. Die einzelnen Kapitel werden nachfolgend zusammenfassend vorgestellt.



Abbildung 1.2: Aufbau und Vorgehensweise im Kontext der vorliegenden Arbeit (Darstellung nach Bursac, 2016)

In Kapitel 2 wird der gegenwärtige Stand der Forschung genauer analysiert. Dazu werden die in Abbildung 1.1 beschriebenen Forschungsfelder nacheinander betrachtet. Zunächst wird das Verständnis von Innovationen im Modell der PGE vorgestellt. Dabei wird unter anderem auf die Besonderheiten der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung eingegangen. Anschließend wird der Mensch – im Zentrum der Produktentwicklung – als kreativer Problemlöser der Technik beleuchtet. Bei der Analyse des Stands der Forschung zur Vorausschau

werden die Instrumente zur Vorausschau vorgestellt. Abschließend werden die Wechselwirkungen von Vorausschau und Produktentwicklung systematisch anhand von explizit in der Literatur genannten Zusammenhängen beschrieben.

Im dritten Kapitel wird die Zielsetzung der hier vorliegenden Arbeit spezifiziert. Auf Basis des Stands der Forschung erfolgt die Ableitung des Forschungsbedarfs, der zentralen Forschungshypothese sowie der Forschungsfragen. Darüber hinaus erfolgt die Vorstellung des methodischen Vorgehens und statistischer Methoden.

Um den Forschungsgegenstand systematisch einzugrenzen, zeigt eine Data Mining Analyse als Vorstudie in Kapitel 4 allgemeine Wechselwirkungen zwischen der Produktentwicklung und der Vorausschau auf. Darauf aufbauend erfolgen drei Fragebogenstudien, die den grundsätzlichen Bedarf an Vorausschau in der Produktentwicklung aufzeigen und Erkenntnisse über gegenwärtige Herausforderungen und zu hebende Potentiale zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung verschaffen. Diese bilden die Basis für eine zweistufige Expertenstudie. In der ersten Stufe werden Erfolgsfaktoren, die an die zu entwickelnde Systematik gestellt werden, qualitativ ermittelt. In der zweiten Stufe erfolgt der quantitative Nachweis deren Relevanz zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung.

Im fünften Kapitel erfolgt die Entwicklung der Systematik durch Interpretation der definierten und interpretierten Erfolgsfaktoren aus der ersten deskriptiven Studie. Die Systematik wird anhand eines Leitbeispiels aus dem Mobilitätsumfeld vorgestellt.

Im sechsten Kapitel wird die Systematik evaluiert. Die Evaluation erfolgt anhand verschiedener Anwendungsfälle. Es werden Entwicklungsprojekte mit unterschiedlichen Planungshorizonten und Branchen mit unterschiedlichen Produktlebenszykluskurven herangezogen. Als Grundlage zur Evaluation wird auf die Support-, Success- und Application-Evaluation nach Blessing und Chakrabarti (2009) zurückgegriffen.

Abschließend werden im siebten Kapitel die Ergebnisse zusammengefasst und ein Ausblick über künftig relevante Forschungsarbeiten gegeben, die einen weiteren Beitrag zur Befähigung des Produktentwicklers beim Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung leisten.



## **2 Grundlagen und Stand der Forschung**

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die notwendigen Grundlagen sowie die einschlägigen Forschungsarbeiten aus dem Stand der Forschung vorgestellt. Dazu wird in Abschnitt 2.1 zunächst ein gemeinsames Verständnis von Innovationen geschaffen und deren Bedeutung für die Gesellschaft herausgestellt. In Abschnitt 2.2 wird der Mensch als kreativer Problemlöser im Mittelpunkt der Produktentwicklung motiviert. Im Anschluss wird der Stand der Forschung zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung in Abschnitt 2.3 vorgestellt. Das Kapitel schließt in Abschnitt 2.4 mit einer systematischen Wechselwirkungsanalyse von Produktentwicklung und Vorausschau.

### **2.1 Innovationsverständnis im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung**

In diesem Kapitel wird in Abschnitt 2.1.1 zunächst die besondere Bedeutung von Innovationen für Unternehmen und die Gesellschaft herausgearbeitet. Weiterhin wird der Innovationsbegriff abgegrenzt sowie unterschiedliche Kategorisierungen von Innovationen beschrieben und diskutiert. Dabei wird auf das Verständnis und die Relevanz des Produktprofils ein besonderer Fokus gelegt. Daran anschließend wird in Kapitel 2.1.2 das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers motiviert und beschrieben. Dazu wird anhand der zugrunde liegenden Modellhypothesen gezeigt, wie durch Methoden und Prozesse auf Basis des PGE-Modells ein Beitrag zur zielgerichteten Planung, Durchführung und Steuerung der notwendigen Entwicklungsaktivitäten geleistet werden kann, mit dem Ziel, den Kunden-, Anbieter- und Anwendernutzen systematisch zu steigern. Anschließend wird die initiale Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers in Kapitel 2.1.3 eingeordnet. Das Kapitel schließt mit einem Zwischenfazit in Kapitel 2.1.4.

#### **2.1.1 Innovationsbegriff**

Die Notwendigkeit zur Innovation (aus dem Lateinischen innovare = erneuern, verändern) eines Produktes, Prozesses oder Dienstleistung resultiert unmittelbar aus dem Wettbewerb im Markt gegenüber anderen Unternehmen und der damit einhergehenden Notwendigkeit zur Differenzierung, durch Kostenreduktion auf der einen

Seite und einer Verbesserung der angebotenen Marktleistung auf der anderen Seite (Gassmann & Kobe, 2006). Als Folge von Globalisierung und Vernetzung stehen Unternehmen heute nicht nur in Konkurrenz zu Wettbewerbern aus der unmittelbaren geografischen Nähe, sondern zusätzlich zu Unternehmen in aller Welt. Innovationen ermöglichen Unternehmen eine temporäre Monopolsituation bis der Wettbewerb und/oder der Markt die Innovation zur Exnovation, dem marktbedingten Ausscheiden eines Produktes aus dem Markt, werden lassen (Gassmann & Kobe, 2006). Ohne Innovationen können sich Unternehmen nicht differenzieren und folglich nicht nachhaltig am Markt bestehen (Johnes & Snelson, 1988). Innovationen sind deshalb für den Unternehmenserfolg unabdingbar, da diese einen bislang noch nicht befriedigten Kunden- und Anwendernutzen durch neuartige Lösungen befriedigen (Coskun Samli & Weber, 2000). Erkenntnisse aus empirischen Studien stützen diese Ergebnisse. Eine Studie von PwC (Pricewaterhouse Coopers) aus dem Jahr 2013 mit 1757 Führungskräften zur Relevanz von Innovationen kommt mit 83 % Zustimmung der Befragten zu dem Schluss, dass Innovationen ein unverzichtbarer Bestandteil für die globale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen sind. 93 % der Befragten sind sich einig, dass das Wachstum des Unternehmensumsatzes zum Großteil von Innovationen bestimmt wird (Gackstatter, Spieler & Stephan, 2015). Zwei weitere Studien zeigen, dass Innovationsvorhaben vor allem daran scheitern, dass diese nicht das richtige Bündel an Kunden- und Anbieternutzen adressieren. So scheitern nach einer Studie von der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) weniger als 40 % der Innovationsvorhaben an deren Umsetzung und über 60 % daran, dass diese eine falsche Bedürfnissituation adressieren (GfK, 2006). Der aktuelle Innovationsbericht der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) stellte jüngst fest, dass die Innovationsquote des deutschen Mittelstandes vom Höchststand von 42 % zwischen 2004 und 2006 auf zuletzt einen Tiefstand von 19 % gesunken ist (Zimmermann, 2020). Die Ergebnisse dieser Studien im Gesamtbild unterstreichen die Notwendigkeit einer Trendumkehr und die Relevanz von Innovationen.

Die Bedeutung von Innovationen für Unternehmen und die Auswirkungen auf die Gesellschaft reichen über die reinen wirtschaftlichen Aspekte weit hinaus (Ili, Albers & Miller, 2010). Viele große gesellschaftliche Veränderungen der Menschheitsgeschichte sind durch Innovationen hervorgerufen. Exemplarisch seien Innovationen wie das Rad, der Buchdruck, die Dampfmaschinen oder die Nutzbarmachung von Elektrizität zu nennen, die stets gesellschaftliche Umbrüche und Veränderungen mit sich zogen sowie unterschiedliche Konsequenzen für die Gesellschaft bedeuteten. Für eine gesellschaftliche Weiterentwicklung ist somit technologischer Fortschritt und die Bereitschaft zur Veränderung erforderlich (Chakraborty & Burgess, 2000). Die Verantwortung des Ingenieurs ist es, zum einen der Gesellschaft durch Innovationen zu dienen, und zum anderen bei deren Realisierung die ethischen Grundsätze in den Mittelpunkt des Entscheidungsprozesses zu stellen (Frigo et al., 2020).

Der Innovationsbegriff ist initial auf Schumpeter (1934) zurückzuführen. Dieser hat die Bedeutung und Natur von Innovationen erforscht, und die weit akzeptierte Definition von Innovationen, als am Markt erfolgreich eingeführte Inventionen, begründet (Schumpeter, 1934). Die Invention adressiert die mit der Lösung einhergehende technische Neuerung. Inventionen können unter anderem durch deren Grad an Neuerung kategorisiert werden (Altshuller & Orloff, 2017; Johannessen, Olsen & Lumpkin, 2001). Schumpeter (1934) verweist ausdrücklich auf die Natur von Innovationen als neue Kombination von Bestehendem.

Die Literatur hält eine Vielzahl von Definitionen und Auffassungen von Innovationen vor. Beispielsweise fassen Hauschildt, Salomo, Schultz und Kock (2016) in einer ausführlichen Analyse verschiedene Definitionen von Innovationen systematisch zusammen. Albers, Heimicke, Walter, et al. (2018) folgen Schumpeter (1934) in der Sicht auf Innovationen als am Markt erfolgreich eingeführte Inventionen. Innovationen können damit in diesem Verständnis nur retrospektiv klassifiziert werden. Zusätzlich stellen Albers, Gladysz, Heitger und Wilmsen (2016) die Bedeutung des *Produktprofils* als die lösungsoffene Beschreibung eines Nutzenbündels aus Anbieter-, Anwender- und Kundensicht heraus: Demnach kann nur dann von einer Innovation gesprochen werden, wenn ein valides Produktprofil durch eine Invention realisiert und erfolgreich am Markt eingeführt wird. Dieses Verständnis wird anhand Abbildung 2.1 visualisiert.

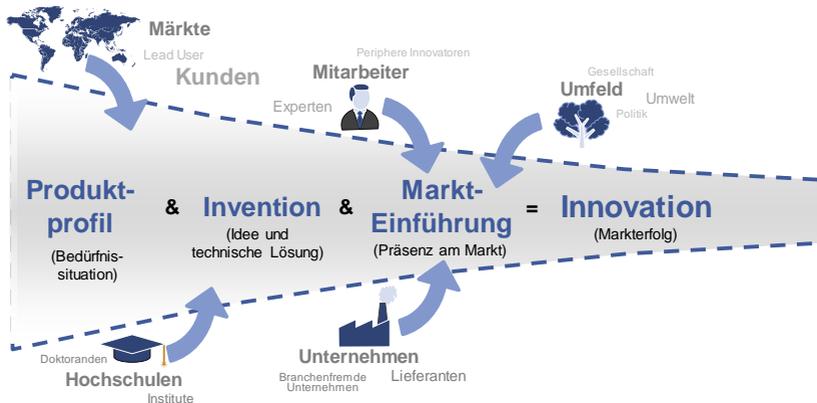


Abbildung 2.1: Innovationsverständnis nach Albers et al. (2018)

Albers, Heimicke und Hirschter, et al. (2018) machen in ihrem Verständnis deutlich, dass zur Vermeidung von Fehlentwicklungen die Identifikation und Validierung des

Produktprofils zu Entwicklungsbeginn unerlässlich ist. Das Verständnis des Produktprofils ist auf das sogenannte Produktkonzept von Cooper und Kleinschmidt (1993) zurückzuführen. Als Startpunkt der Entwicklung des Produktes sind die zu generierenden Nutzen herauszuarbeiten, ohne dabei den Lösungsraum durch Fixierung auf eine Umsetzungsart einzugrenzen. Dadurch macht das Produktprofil das von einem Produkt adressierte Nutzenbündel bereits in frühen Phasen der Validierung, der zentralen Aktivität der Produktentstehung, zugänglich (Albers, 2010). Das Produktprofil wird während der Entwicklung laufend validiert und dabei der Lösungsraum sukzessive und iterativ eingegrenzt (Albers, Heimicke, Walter, et al., 2018).

Albers, Heimicke und Walter, et al. (2018) definieren das Produktprofil wie folgt:

„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 – zum Beispiel für von ihm berücksichtigte Anwender oder für seine Kunden – Nutzen zu stiften.“ (S. 3).

Die Modellierung des Produktprofils kann unter anderem anhand des *Produktprofil-Schemas* erfolgen. Dieses wird in der folgenden Abbildung 2.2 anhand des *Zweimassenschwungrads* vorgestellt.

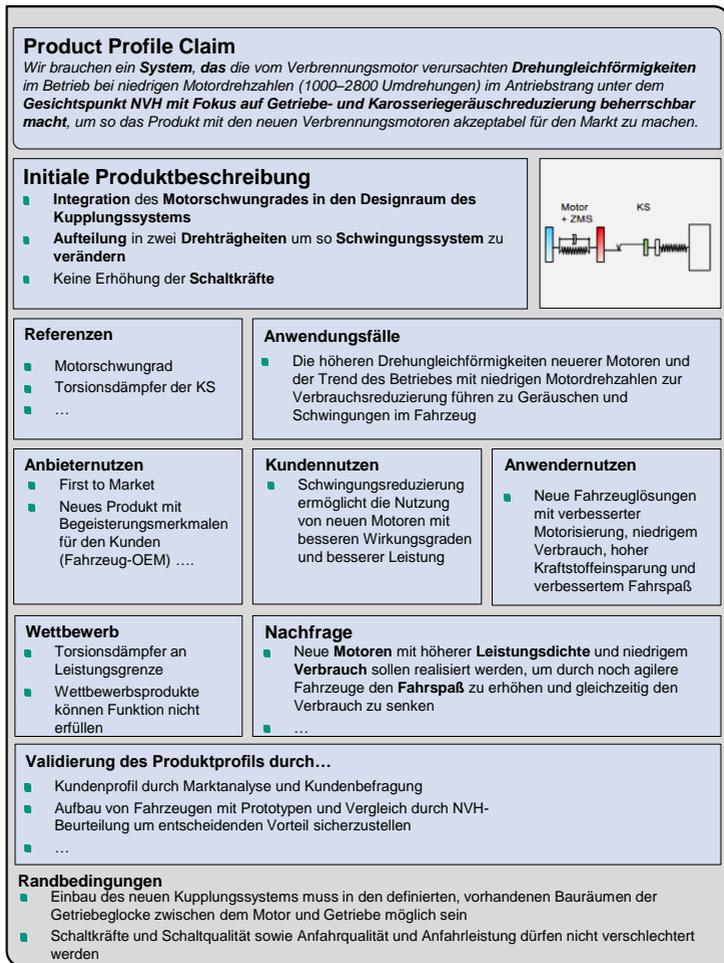


Abbildung 2.2: Modellierung eines Produktprofils anhand des Produktprofil-Schemas am Beispiel des Zweimassenschwungrads nach Albers, A., Heimicke, Walter et al. (2018)

Neben der Vielfalt an Definitionen von Innovationen, hält der Stand der Forschung unterschiedliche Modelle zur Kategorisierung von Innovationen vor. Einige werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Eine sehr allgemeine Kategorisierung nehmen Fichter und Hintemann (2009) anhand des Kontexts der Innovationen vor. Dazu unterscheiden die Autoren *organisatorische, geschäftsfeldbezogene, institutionelle, soziale* und *produktbezogene* Innovationen. Produktbezogene Innovationen analysieren Henderson und Clark (1990) genauer. Sie bauen dabei auf dem Verständnis von *radikalen* und *inkrementellen* Innovationen auf und erweitern dieses um *modulare* und die *architekturelle* Innovation. Zur Unterscheidung dieser vier Arten von Innovationen führen Henderson und Clark (1990) zwei Dimensionen ein. Die Dimension *Kernkonzepte* beschreibt, inwieweit zur Realisierung der neuen Lösung neue Konzepte herangezogen werden müssen. Die Dimension *Verknüpfung zwischen Kernkonzepten und Komponenten* beschreibt, inwieweit zur Realisierung der neuen Lösung neue Verknüpfungen geschaffen werden müssen (siehe Abbildung 2.3).



Abbildung 2.3: Klassierung von Produktinnovationen (Henderson & Clark, 1990)

Henderson und Clark (1990) sprechen von einer inkrementellen Innovation, wenn keine oder nur minimale Veränderungen der Kernkomponenten vorgenommen werden. Mit der inkrementellen Innovation verbinden die Autoren ein geringes wirtschaftliches Potential, da sich die Innovation nicht wesentlich von Bestehendem differenziert. Positiv schätzen die Autoren das geringe, mit der inkrementellen

Innovation verbundene Risiko und dem damit einhergehenden geringen Entwicklungsaufwand, ein. Bei modularen Innovationen bleibt die Systemarchitektur bestehen und es werden lediglich einzelne Module verändert. Dies setzt dem Neuheitsgrad enge Grenzen, da Schnittstellen kompatibel bleiben müssen. Aus dem Weiterbestehen des Systems folgen ein eher geringes Risiko und eine eher gute Planbarkeit. Die architekturelle Innovation arrangiert bestehende Komponenten in einem neuen Systemzusammenhang. Dies ist schwieriger planbar und risikobehafteter als die inkrementelle und die modulare Innovation, lässt hingegen mehr Raum für Neuheit und damit ein höheres wirtschaftliches Potential. Die radikale Innovation arrangiert neue und alte Komponenten in einem neuen System und liefert damit den größten Entwicklungsspielraum und das damit verbundene höchste Risiko der vier Innovationsarten. (Henderson & Clark, 1990)

Feldhusen und Grote (2013) nutzen zur Kategorisierung von Innovationen den mit der Entwicklungsaufgabe resultierenden Neuheitsgrad und kategorisieren in *Neukonstruktion*, *Anpassungskonstruktion*, *Variantenkonstruktion* und *Wiederholkonstruktion*. Bei einer Neukonstruktion werden neue Problemstellungen durch neuartige Lösungsprinzipien oder durch eine Kombination bekannter Lösungsprinzipien entwickelt. Bei einer Anpassungskonstruktion werden bekannte Lösungsprinzipien zur Lösung einer neuen Problemstellung genutzt. Bei einer Variantenkonstruktion werden bekannte Lösungsprinzipien genutzt, um bekannte Problemstellungen zu lösen. Bei einer Wiederholkonstruktion wird ein bereits entwickeltes Produkt erneut gefertigt.

Nagji und Tuff (2012) führen eine Unterteilung anhand des Neuheitsgrades basierend auf den Ansätzen von Ansoff (1957) durch. Hierzu klassifizieren die Autoren (Nagji & Tuff G., 2012) die Lösungen auf der einen und die Märkte auf der anderen Seite anhand ihres Neuheitsgrads. Dadurch, dass nicht nur die technischen Lösungen anhand ihres Neuheitsgrads charakterisiert werden, geht dies über das bestehende Verständnis von technischen Neuerungen hinaus. Je nach Grad der Neuerung erfolgt eine Einteilung in *Kern-*, *Nachbar-* und *Transformationsinnovation*.

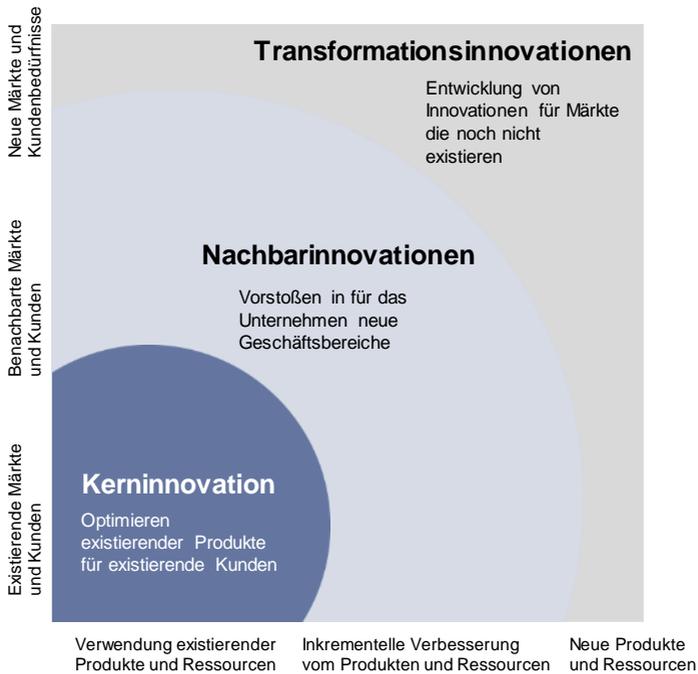


Abbildung 2.4: Innovationsverständnis nach Nagji und Tuff (2012)

Hauschildt et al. (2016) führen ein weiteres Verständnis zur Kategorisierung von Innovationen ein, indem sie anhand des Zwecks und des Mittels unterscheiden. Unter Zweck verstehen Hauschildt et al. (2016) den Anwendungsfall beziehungsweise den zu realisierenden Kundennutzen. Unter Mittel werden die eingesetzten Lösungsprinzipien verstanden. Durch Zusammenfassen dieser beiden Kriterien unterscheiden die Autoren (Hauschildt et al., 2016) vier verschiedene Kategorien, welche in der folgenden Abbildung dargestellt sind.



Abbildung 2.5: Kategorien von Innovationen nach Hausschild et al. (2016)

Die gezeigten Innovationsverständnisse nach Fichter und Hintemann (2009), Henderson und Clark (1990), Feldhusen und Grote (2013), Nagji und Tuff (2012) sowie Hauschild et al. (2016) eignen sich, um Bestandteile der entwickelten Systeme zu kategorisieren. In realen Entwicklungsprojekten ist jedoch eine große Bandbreite an Neuentwicklungsanteilen festzustellen, denen eine Kategorisierung von Projekten als Ganzes in abgegrenzte Kategorien nicht gerecht wird. Deshalb schlagen Albers, Bursac und Rapp (2015) das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung aufbauend auf dem Ansatz von Schumpeter (1934) Innovationen als variable Kombination von Neuentwicklung und Übernahme von Elementen bestehender Lösungen zu interpretieren.

### 2.1.2 Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Mit dem Modell der PGE verbinden Albers, Bursac, Urbanec, Lüdcke und Rachenkova den Anspruch jegliche reale Produktentwicklungsprozesse abzubilden und zu beschreiben, um diese zielgerichtet erforschen zu können und eine situations- und bedarfsgerechte methodische Unterstützung des Produktentwicklers zur Ableitung der richtigen Aktivitäten zu ermöglichen.

Die zugrundeliegende Theorie des Modells der PGE basiert auf zwei Hypothesen. Zum einen erfolgt die Entwicklung einer neuen Produktgeneration immer auf Basis von Referenzen. Diese Referenzen sind Teil des sogenannten Referenzsystems der

zu entwickelnden Produktgeneration. Zum anderen erfolgt die Entwicklung der neuen Produktgenerationen ausschließlich durch die drei Aktivitäten *Übernahmevariation*, *Prinzipvariation* und *Gestaltvariation*. Albers, Bursac und Wintergerst (2015) definieren das Modell der PGE wie folgt:

„[Die Produktgenerationsentwicklung ist die] Entwicklung einer neuen Generation eines technischen Produkts, die sowohl durch die Anpassung von Teilsystemen als Übernahmevariation als auch durch signifikante Neuentwicklung von Teilsystemen charakterisiert ist. Neu entwickelte Anteile technischer Produkte können durch Gestalt- und durch Prinzipvariation realisiert werden. Neue Produktgenerationen basieren immer auf einem Referenzsystem“ (S. 1).

Die Zusammenhänge des Modells der PGE sind in der folgenden Abbildung 2.6 beispielhaft anhand der Entwicklung der G<sub>1</sub> des Tesla Roadsters dargestellt. Zunächst wird das Referenzsystem auf Basis des Zielsystems der zu entwickelnden Produktgeneration synthetisiert. Als Elemente des synthetisierten Referenzsystems sind hier auszugsweise die Batterie eines Laptops sowie das Chassis des Lotus Elise dargestellt. Diese stehen in gegenseitiger Wechselwirkung: Das Chassis ist wegen der Schwerpunktveränderung des Fahrzeugs anzupassen. Weiterhin muss die Batterie an die Betriebsbedingungen im Fahrzeug angepasst werden. Die Entwicklung der G<sub>1</sub> erfolgt durch Übernahme-, Gestalt- und Prinzipvariation.

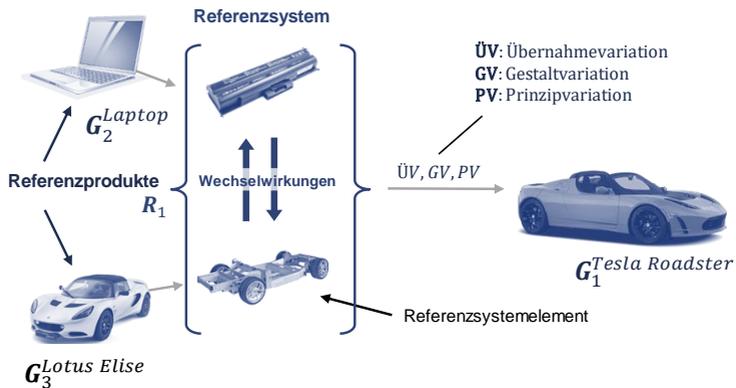


Abbildung 2.6: Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung. Darstellung nach Albers et al. (2019)

Im Folgenden werden die in der Definition verwendeten Begriffe näher beleuchtet.

Die einzelnen Produktgenerationen werden mit  $G_i$  bezeichnet, wobei  $i \in \mathbb{N}$ .  $G_n$  bezeichnet die aktuell in der Entwicklung befindliche Generation. Für  $n > 1$  beschreibt  $G_{n-1}$  die aktuelle im Markt befindliche Generation, wobei  $G_1$  eine Produktgeneration ohne dedizierten Vorgänger ist (Albers, Ebertz, et al.).

Die *Übernahmevariation* ( $\ddot{U}V$ ) bezeichnet die möglichst unveränderte Übernahme einer Referenz in die aktuelle Generation. Dazu kann eine Anpassung der Schnittstellen im Rahmen der Systemintegration notwendig sein (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015).

Die *Gestaltvariation* ( $GV$ ) ist die am häufigsten auftretende Art der Variation. Bei der Gestaltvariation bleibt das Lösungsprinzip als solches erhalten. Ein Beispiel wäre die Steigerung des Wirkungsgrades und der Funktionalität bei Zahnradgetrieben durch Veränderung der Zahngeometrie, Einsatzhärtung und neue Fertigungsverfahren, während das allgemeine Lösungsprinzip, die Wandlung von Moment und Umdrehung durch ein Zahnradgetriebe bestehen bleibt (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015).

Die *Prinzipvariation* (PV) beschreibt sowohl die Neuentwicklung eines Teilsystems basierend auf Referenzen aus anderen Branchen als auch die systematische Suche nach alternativen Lösungsprinzipien durch Synthese- und Analyseverfahren. Die Prinzipvariation geht immer mit Gestaltvariation einher und ist damit mit hohem Entwicklungsaufwand sowie hohem Risiko von Fehlentwicklungen verbunden (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015).

Gestalt- und Prinzipvariation können als Neuentwicklungen zusammengefasst werden, jedoch ist dieser Begriff klar von der Neukonstruktion nach Pahl und Beitz abzugrenzen (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015).

Die Entwicklung der neuen Produktgeneration wird dabei als Abbildung des Referenzsystems durch die drei zuvor vorgestellten Operatoren verstanden. Albers et al. (2019) definieren das *Referenzsystem* wie folgt:

„Das Referenzsystem für die Entwicklung einer neuen Produktgeneration ist ein System, dessen Elemente bereits existierenden oder bereits geplanten sozio-technischen Systemen und der zugehörigen Dokumentation entstammen und Grundlage und Ausgangspunkt der Entwicklung der neuen Produktgeneration sind“ (S.7).

Bestandteile des Referenzsystems können aus unternehmenseigenen Vorgängergenerationen, verwandten Baureihen oder Varianten, Produkten anderer Unternehmen oder aus der Forschung stammen. Zur Abgrenzung verschiedener Referenzen untereinander können diese unterschiedlich differenziert werden. Zunächst sei die Unterscheidung in interne und externe Referenzen zu nennen. Interne Referenzen stammen aus der eigenen Organisation, wodurch Know-how und Dokumentation verfügbar sind. Externe Referenzen bezeichnen alle nicht-internen Referenzen. Informationen und Dokumentationen dieser Referenzen sind folglich nicht zugänglich. Dies bringt in der Regel Herausforderungen mit sich, kann jedoch auch neue und kreative Anregung schaffen (Albers, Haug, et al.).

Anhand einer integrierten Betrachtung der Herkunft der Referenzelemente und der Anteile der Variationsarten leiten Albers et al. (2017) Implikationen auf die mit der Entwicklung der neuen Produktgeneration einhergehenden Entwicklungschancen- und Risiken ab und modellieren das PGE-Risikoportfolio (siehe Abbildung 2.7).

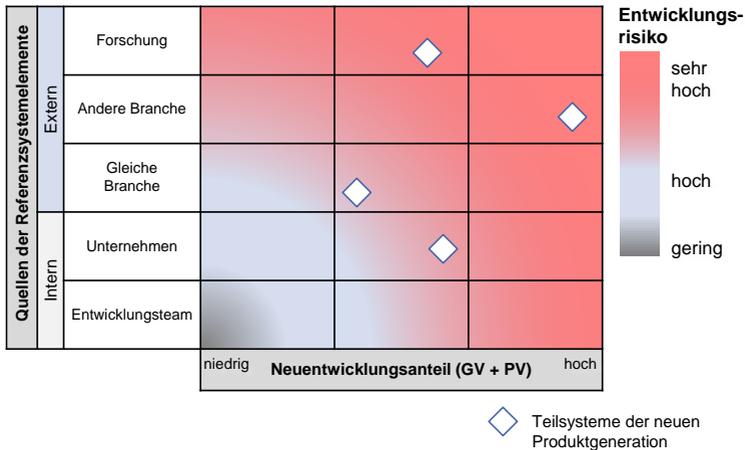


Abbildung 2.7: Modell des PGE-Risikoportfolios nach Albers, Rapp, Birk und Bursac (2017)

Wird beispielsweise ein neues Lösungsprinzip für ein Teilsystem nur auf Basis von Referenzen entwickelt, die aus der Forschung stammen, ist das Entwicklungsrisiko tendenziell als sehr hoch einzustufen. Entsprechend ist jedoch die damit einhergehende Chance im Sinne einer Produktattraktivität durch Begeisterungsmerkmale für die zu entwickelnde Produktgeneration eher hoch.

Eine weitere Art der Referenz ist die *Basisreferenz*. Neuen Produktgenerationen liegt meist eine Referenz zugrunde, der größere Teile der Struktur und der Teilsysteme entstammen. Diese ist als Basisreferenz zu bezeichnen. Es kann darüber hinaus für verschiedene Varianten der neuen Generation Variantenreferenzen geben (Peglow, Powelske, Birk, Albers & Bursac, 2017).

Referenzen können *lösungsoffen* oder *lösungsspezifisch* sein. Lösungsoffen meint dabei die Verwendung einer Produkteigenschaft als Referenz. Am Beispiel des Automobils könnte eine lösungsoffene Referenz die Beschleunigung sein. Diese soll in der neuen Generation größer oder kleiner sein. Lösungsspezifisch könnte dies die Übernahme oder Variation eines Getriebes bedeuten.

### 2.1.3 Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Innovationen sind wie in den vorherigen Kapiteln gezeigt für den Unternehmenserfolg unabdingbar. Ziel einer neuen Produktgeneration ist es dem Kunden und Anwender einen neuen und möglichst einzigartigen Nutzen zu bieten. Daraus kann ein Anbieternutzen durch Wettbewerbsvorteile und einer höheren Rendite für das Unternehmen resultieren (Cooper & Kleinschmidt, 1993). Deshalb ist es zwingend erforderlich, dass sich Unternehmen anhand ihrer Produkte vom Wettbewerb differenzieren (F.-L. Krause, 2007). Besonders wichtig für die wirtschaftliche Realisierung der Differenzierungsziele ist, dass die Entwicklung der neuen Produktgeneration nicht anhand eines zunächst weißen Blatts Papier verstanden wird, sondern durch die gezielte Übernahme von Referenzlösungen und bewusster Neuentwicklung erfolgt (Albers, Rapp, et al., 2017). Die Entscheidung, welche Elemente des Referenzsystems zur Entwicklung der neuen Produktgeneration übernommen werden sollen und wo Neuentwicklungen von Teilsystemen zur Erreichung der Differenzierungsziele notwendig sind, muss sehr früh und damit unter Unsicherheit mit Risiko behaftet getroffen werden. Anhand des systematischen Einsatzes von Referenzen kann das Entwicklungsrisiko jedoch gesenkt und Ressourcen eingespart werden. So können auf Basis des Modells der PGE Produkte strategisch geplant und verbundene Risiken und Chancen in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung gesteuert werden. (Albers, Rapp, et al., 2017)

Albers und Rapp, et al. (2017) definieren die Frühe Phase der PGE wie folgt:

„Die „Frühe Phase“ der Produktgenerationsentwicklung ist eine Phase im Entwicklungsprozess einer neuen Produktgeneration, die mit der Initiierung eines Projektes beginnt und mit einer bewerteten technischen Lösung endet, die schließlich 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 beispielsweise der Produzierbarkeit, der notwendigen Ressourcen oder des technischen und ökonomischen Risikos“ (S. 4).

Die initiale Zielsystembildung der zu entwickelnden Produktgeneration muss nach Albers, Lohmeyer und Ebel (2011) durch die auf Basis der Referenzen generierten Entscheidungen erste differenzierende Produktmerkmale vorgeben, um einen vagen Lösungsraum für die Entwicklungsaufgabe zu definieren. Die relevanten und

differenzierenden Produktmerkmale der neuen Produktgenerationen sind dabei zur Synthese des initialen Zielsystems zu identifizieren und zu validieren (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015). Nach Lohmeyer (2013) beinhaltet „ein vollständiges initiales Zielsystem alle relevanten Ziele, deren Wechselwirkungen, Randbedingungen und Begründungen, die eine Entwicklung des richtigen Produkts [...] erlauben“ (S. 66). Das initiale Zielsystem wird zu Beginn des Produktentstehungsprozesses in der Aktivität Projektierung erstellt. Bader (2007) betont die zentrale Rolle von Produktzielen besonders, weil ein Produkt erst über Ziele definiert werden kann. Produktziele sind nicht für sich alleinstehend, sondern stehen mit einer Vielzahl anderer Ziele in Beziehung und Wechselwirkung – teilweise auch in Konflikt und Widerspruch. Diese Wechselwirkungen betreffen nicht nur das Produkt selbst. Vielmehr sind die Wechselwirkungen mit der zukünftigen Umgebung der zu entwickelnden Produktgeneration vorzudenken: Die zu entwickelnden technischen Systeme sind dazu als Teil eines übergeordneten System of Systems (SoS), das sich zeit- und ortsabhängig aus verschiedenen Einzelsystemen zusammensetzt, zu verstehen (Keating et al., 2003). Der Entwickler kann dabei häufig keinen Einfluss auf bestimmte Einzelsysteme nehmen beziehungsweise ist sich ihrer zum Entwicklungszeitpunkt nicht bewusst. SoS zeichnen sich damit durch die Unabhängigkeit der Einzelsysteme und nicht durch die Größe eines Systems aus. Dies wird anhand des SoS Mobilitätssystem sehr deutlich. Bestandteil des Mobilitätssystems sind unter anderem Fahrzeuge mit einer Lebensdauer von circa sieben Jahren, Mobiltelefone mit circa zwei Jahren und Ampeln mit etwa 30 Jahren. Bei der Entwicklung von Fahrzeugen sind nun die Wechselwirkungen mit diesen Bestandteilen zu beachten, wobei durch die Fahrzeugentwickler kaum Einfluss auf die Entwicklung von Ampeln und Mobiltelefone genommen werden kann. Bucht nun ein Kunde ein autonomes Shuttle über sein Smartphone muss dennoch sichergestellt werden, dass die Kommunikation zwischen dem Fahrzeug, den Ampeln und dem Mobiltelefon erfolgt, so dass der Kunde zügig und sicher sein Ziel erreicht, auch wenn beispielsweise nach Auslieferung des Shuttles kontinuierlich neue Updates der App erfolgen, über die der Nutzer das Shuttle bestellt.

Eiletz (1999) führt eine weitere Definition von Zielen ein, demzufolge ein Ziel, die bewusste gedankliche Vorwegnahme eines zukünftigen Sollzustands, der gemeinsam vereinbart und durch aktives Handeln erreicht oder vermieden wird, ist.

Das initiale Zielsystem kann nach Stechert (2010) anhand von Partialmodellen beschrieben werden. In seinen Ausführungen fasst er unterschiedliche Verständnisse von Anforderungen, Zielen, Eigenschaften, Merkmalen und Randbedingungen zusammen.

Nach Weber und Werner (2000) können Merkmale durch den Produktentwickler beeinflusst werden, wohingegen Eigenschaften vom Produktentwickler nicht direkt beeinflussbar sind. Sie stellen darüber hinaus fest, dass Eigenschaften das Produktverhalten bestimmen und für den Kunden die relevantere Größe bei der Kaufentscheidung sind. Weiterhin verstehen Hirschter et al. (2018) unter Produkteigenschaften, Eigenschaften, die einer bestimmten Systemebene, der Gesamtsystemebene, entsprechen.

Die mit der neuen Produktgeneration angestrebten Differenzierungsziele können anhand von Eigenschaftsprofilen beschrieben werden (Hirschter et al., 2018). Dabei werden die zur Differenzierung angestrebten Ziele relativ gegenüber von Referenzen als Vergleichsbasis dargestellt. Für die Spezifikation der sich in der Entwicklung befindlichen Produktgeneration  $G_n$  kann beispielsweise die Vorgängergeneration  $G_{n-1}$  als Referenz gewählt werden (siehe Abbildung 2.8).

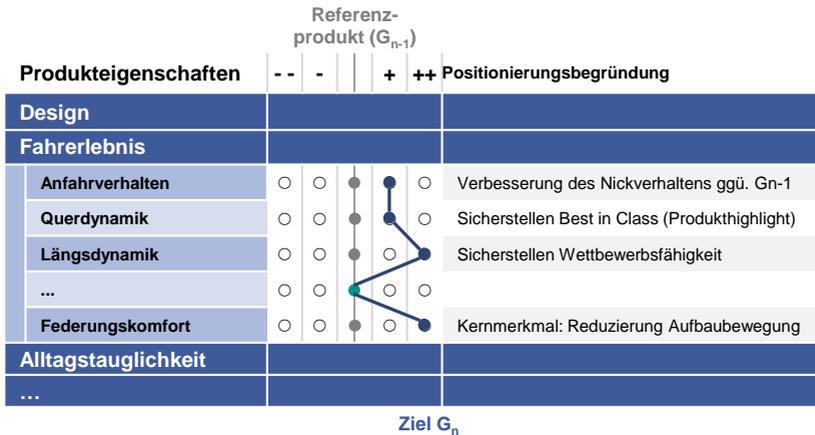


Abbildung 2.8: Eigenschaftsprofil am Beispiel eines Sportwagens (Hirschter et al., 2018)

Eine Möglichkeit zur Einordnung und Planung der notwendigen Differenzierungsziele der neuen Produktgeneration geht auf Kano, Seraku, Takahashi und Tsuji (1984) zurück. Das Kano-Modell stellt den Zusammenhang zwischen der Kundenzufriedenheit und dem Erfüllungsgrad anhand von drei Kategorien her (Kano et al., 1984). *Basismerkmale* sind aus Kundensicht Selbstverständlichkeiten und können keine Begeisterung des Kunden hervorrufen. Erst die Nichterfüllung macht dem

Kunden Basismerkmale bewusst und senkt dabei die Kundenzufriedenheit erheblich. Es empfiehlt sich, zur Erfüllung der Basismerkmale bewährte und risikoarme Lösungen einzusetzen. Ein Beispiel für ein Basismerkmal des PKW, das erst bei Nichterfüllung maßgeblich Kundenbeachtung findet, ist eine ausreichende Bremsleistung. *Leistungsmerkmale* können in Abhängigkeit des Erfüllungsgrades sowohl Zufriedenheit als auch Unzufriedenheit hervorrufen. Es wird ein linearer Zusammenhang zwischen dem Erfüllungsgrad und der Kundenzufriedenheit angenommen. Ein Beispiel am PKW ist die Antriebsleistung. Geringe Leistung fällt negativ auf, durchschnittliche Leistung beeinflusst die Kundenzufriedenheit wenig bis gar nicht und hohe Leistung erhöht die Kundenzufriedenheit. *Begeisterungsmerkmale* werden vom Kunden zum Zeitpunkt des Kaufes nicht erwartet, steigern aber die Zufriedenheit überproportional mit der Erfüllung. Besonders in diesem Bereich sind Innovationen zu verorten (Kano et al., 1984). Ein Beispiel dazu ist eine KI-unterstützte Steuerung des Fahrzeugs beim Einparken. Begeisterungsmerkmale degradieren mit der Zeit und dem damit verbundenen Auftreten neuer Innovationen erst zu Leistungs- und später zu Basismerkmalen. Der Prozess der Degradierung von Merkmalen über mehrere Produktgenerationen kann im Kano-Modell auf Basis des Modells der PGE wie in Abbildung 2.9 durch den gestrichelten Pfeil anhand von sechs fiktiven Produktgenerationen ( $G_1$  bis  $G_6$ ) dargestellt werden. Beispielhaft am PKW wären Entertainment Systeme zu nennen, die zunächst durch ihre Neuheit große Kundenbegeisterung erzielen konnten, jedoch zunehmend über die einzelnen Produktgenerationen zu Basismerkmalen degradieren und das Nichtvorhandensein in Kundenunzufriedenheit resultiert (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015; Kano et al., 1984).

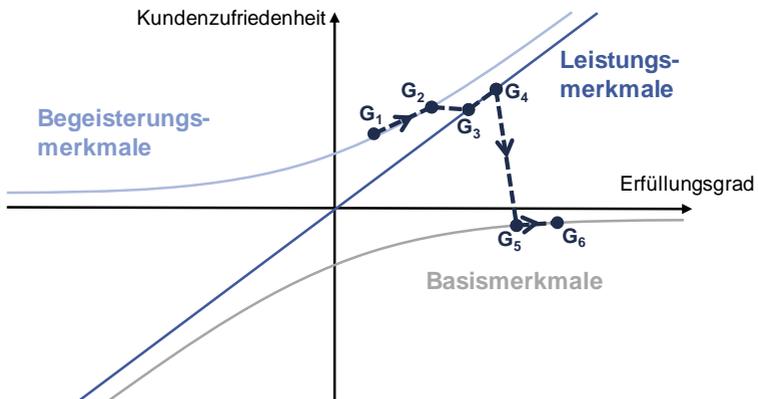


Abbildung 2.9: Degradierung von Merkmalen im Kano-Modell nach Albers, Bursac und Wintergerst (2015).

Wesner (1977) erklärt die Degradierung von Begeisterungs- zu Leistungs- und Basismerkmalen mit Produktlebenszyklen. Diese sind in Abbildung 2.10 dargestellt. Der Absatz eines Produktes ähnelt im zeitlichen Verlauf einer horizontal gespiegelten Parabel, die aus den sich ändernden Bedürfnissen und Randbedingungen des Marktes und technologischen Fortschritten resultiert. Diese Verläufe spiegeln sich dann in Technologie- und Branchenlebenszyklen wider, die darüber hinaus längere Zeitspannen umfassen können.

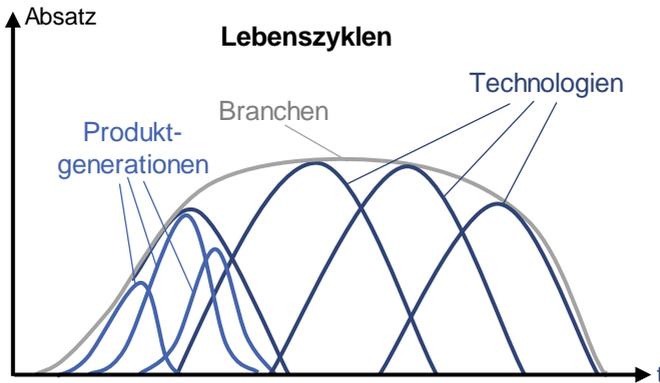


Abbildung 2.10: Lebenszyklen von Produktgenerationen (Wesner, 1977); Darstellung nach Albers, Bursac und Wintergerst (2015)

### 2.1.4 Zwischenfazit

Der Bedarf an Innovationen für Unternehmen und Gesellschaft ist hoch. Innovationen setzen sich aus einem validen Produktprofil, einer Invention sowie einer erfolgreichen Markteinführung zusammen. Innovationen können damit nur retrospektiv als solche klassifiziert werden. Zur Klassifizierung von Innovationen existieren verschiedene Modelle, die auf Teilsystemebene die Realität der Produktentwicklung aus verschiedenen Sichten und zu unterschiedlichen Zwecken beleuchten. Auf Gesamtsystemebene übersteigt die mit der Produktentwicklung einhergehende Komplexität

jedoch die Aussagefähigkeit der in Kapitel 2.1.1 vorgestellten Klassifizierungsmodelle.

Das Modell der PGE hingegen hat nicht den Anspruch Innovationen als Ganzes einer einzigen Kategorie zuzuordnen (siehe beispielsweise Abbildung 2.3), sondern erlaubt eine differenziertere Betrachtung auf Teilsystemebene und ermöglicht damit eine zielgerichtete Planung, Durchführung und Steuerung der notwendigen Entwicklungsaktivitäten. Auf Basis des Modells der PGE lassen sich Entwicklungsprojekte mit unterschiedlichem Neuentwicklungsanteil von einer Produktgeneration  $G_1$  (siehe Abschnitt 2.1.2) bis zu der Entwicklung einer neuen Variante abbilden. Neuentwicklungen der ersten Produktgeneration  $G_1$  (auch White-Paper Developments genannt) sind damit durch das Modell der PGE ebenso beschreibbar.

Die Identifikation und Validierung von differenzierenden Produkteigenschaften ist elementar für den späteren Erfolg der zu entwickelnden Produktgeneration. Deshalb kommt der initialen Zielsystembildung in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung, bei der zukünftig relevante Produkteigenschaften zur Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb identifiziert und validiert werden müssen, eine besondere Bedeutung zu. Nicht zuletzt resultiert diese aus dem Paradox der Produktentwicklung.

## **2.2 Mensch als kreativer Problemlöser der Technik**

Digitale Fortschritte und sich daraus ergebende neue Möglichkeiten computergestützter Lösungsfindung sind auch und gerade in der Produktentwicklung wiederzufinden (C. Weber & Werner, 2000). Diese vermögen jedoch nicht die seit Anbeginn von Ingenieurstätigkeiten zentrale Rolle des Menschen als kreativer Problemlöser zu ersetzen (Albers, 2010). Über die hohe Bedeutung des Menschen in der Produktentwicklung besteht zwischen Autoren aus unterschiedlichen Epochen eine hohe Einigkeit (Börsting, 2012). Redtenbacher, Begründer wissenschaftlichen Ingenieurwesens (Wauer, Moon & Mauersberger, 2009) hat 1859 formuliert, dass „das Erfinden und Machen des Technikers nicht bloß auf Wissenschaft und Handwerk [beruht], sondern auch, und zwar in nicht geringem Grade, auf Geistestätigkeiten, die künstlerisch genannt werden müssen“ (S.16). Pahl (1967) sieht den Konstrukteur als hauptverantwortliche Person im Entwicklungsprozess. Er stellt fest, dass kreative Prozesse nur vom Menschen ausgehen, Entscheidungen bei unsicherer Informationslage oder neue Ideen zur Lösungsfindung von Menschen gefällt und initiiert werden und der Mensch mit seinen Fähigkeiten folglich Mittelpunkt der Produktentstehung ist.

In diesem Kapitel wird deshalb zunächst ein Problemverständnis geschaffen (Kapitel 2.2.1). Anschließend wird in Kapitel 2.2.2 auf die Kreativität des Menschen eingegangen. In Kapitel 2.2.3 erfolgt die Vorstellung von Methoden zur Unterstützung des kreativen Syntheseprozesses. Abschließend wird in Kapitel 2.2.4 ein Zwischenfazit gezogen.

## 2.2.1 Problembegriff

Ein *Problem* ist Dörner (1979) zufolge durch einen unerwünschten *Istzustand* und einen erwünschten *Sollzustand* gekennzeichnet, zwischen denen sich eine zu überwindende Barriere befindet. Albers, Burkardt, Meboldt und Saak (2005) teilen diese Auffassung und beschreiben ein Problem als „Abweichung eines beliebig unbekanntem Istzustands von einem beliebig vagen, gewünschten Sollzustand, wobei der Weg zwischen Soll und Ist zumindest teilweise unbekannt ist“ (S. 2). Auch viele weitere Autoren schließen sich einem auf Abweichen der Ist-Situation von der Soll-Situation aufbauenden Problemverständnis an. Zu nennen sind dazu unter anderem Pahl, Beitz, Feldhusen und Grote (2003), Ehrlenspiel (1995), Haberfellner, Nagel, Becker, Daenzer und Huber (1994), Schweizer (2018) und Johansson und Böhme (1997). Darüber hinaus unterscheiden Albers et al. (2005) zwei unterschiedliche Arten von Problemen: die Notsituation und die Planungssituation (siehe Abbildung 2.11). Die Notsituation tritt auf, wenn es keine Anzeichen für ein sich abzeichnendes Problem gibt, während das Problem in einer Planungssituation im Vorfeld grob definiert und benannt werden kann. Bei der Notsituation weicht der Istzustand ab. Ein Beispiel für eine Notsituation ist, dass Kupplungen von bereits ausgelieferten Fahrzeugen versagen und deshalb sofortige Rückrufe notwendig sind. Die Planungssituation bietet dem mit der Lösung Betrauten Zeit für eine Analyse der Situation und des Problems, bevor die Lösungsfindung beginnt. Bei der Planungssituation ist frühzeitig bekannt, dass der Sollzustand zukünftig abweichen wird. Ein Beispiel für die Planungssituation ist, dass ein Unternehmen entscheidet, eine neue Variante einer Produktgeneration anzubieten. Dadurch kann im Vorhinein ein Zielsystem für die Problemlösung erstellt werden, die Ziele und Randbedingungen enthält.

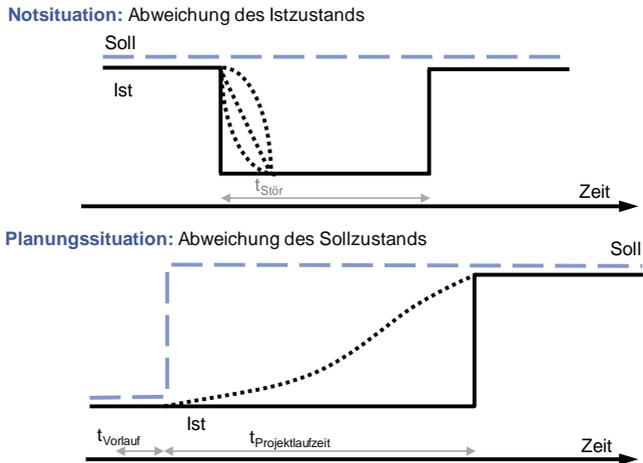


Abbildung 2.11: Not- und Planungssituation nach Albers et al. (2005)

Schlicksupp (1976) unterscheidet *Such-Probleme*, *Auswahl-Probleme*, *Analyse-Probleme*, *Konstellations-Probleme* und *Konsequenz-Probleme*. Dette (1976) zeigt ein Spektrum unterschiedlicher Probleme in einem morphologischen Kasten, wie in Abbildung 2.12 dargestellt.

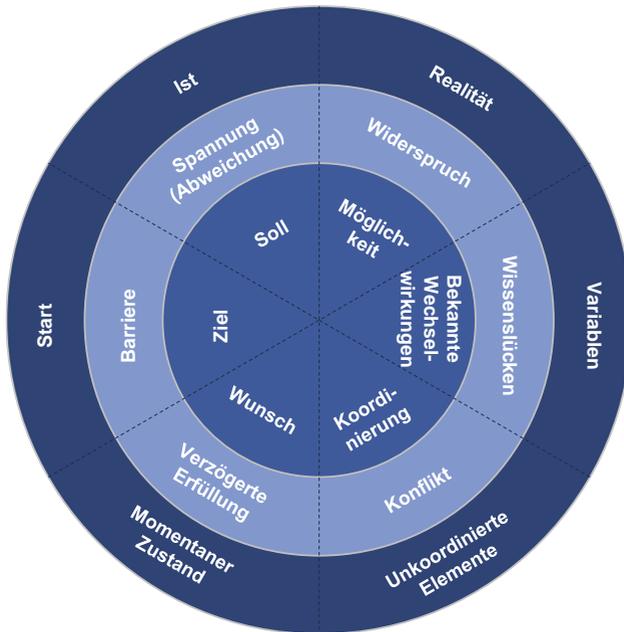


Abbildung 2.12: Spektrum unterschiedlicher Probleme (Eigene Darstellung nach Dette, 1976)

Dörner (1979) klassifiziert Probleme anhand der Art der Barriere, die die Transformation vom Ist- in den Sollzustand verhindert. Aus einem jeweils hohen oder geringen Zustand der Klarheit der Zielkriterien beziehungsweise Bekanntheitsgrad der Mittel ergeben sich vier Arten von Barrieren: die *Interpolationsbarriere*, die *dialektische Barriere*, die *Synthesebarriere* und die *dialektische und Synthesebarriere*. Diese sind in Abbildung 2.13 dargestellt.

		Klarheit der Zielkriterien	
		hoch	gering
Bekanntheitsgrad der Mittel	hoch	Interpolationsbarriere	dialektische Barriere
	gering	Synthesebarriere	dialektische und Synthesebarriere

Abbildung 2.13: Spektrum Klassifikation von Barrieretypen nach Dörner (1979)

Diese vier Barrieren werden im Folgenden beispielhaft anhand der Entwicklung der nächsten Produktgeneration einer Laserschneidmaschine erläutert.

Interpolationsbarrieren sind gegeben, wenn der Ist- und der Sollzustand klar definiert sind und die Mittel und Operatoren vorliegen, die Kombination jedoch unbekannt ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Laserschneidmaschine in einer neuen Farbe gestaltet werden soll, sonst aber keine Entwicklungsaufwände notwendig sind.

Dialektische Barrieren sind anzutreffen, wenn der Istzustand und die Mittel und Operatoren bekannt sind, der Sollzustand jedoch unklar ist. Lösungen dürfen weder interne, noch externe Widersprüche aufweisen und Sollzustände müssen in einem dialektischen Prozess so lange ausprobiert und iteriert werden, bis das Ergebnis zufriedenstellend ist. Soll beispielsweise der durch das Laserschneiden hervorgerufene Blechverzug minimiert werden, so liegt eine dialektische Barriere vor.

Synthesebarrieren liegen vor, wenn Ist- und Sollzustand gegeben, aber die Mittel und Operatoren ungewiss sind. Ein Beispiel dazu ist die Entwicklung der neuen Produktgeneration einer Laserschneidmaschine, die 5 % günstiger und 15 % leistungsfähiger als die Vorgängergeneration ist.

Es kann als vierten Fall bei geringem Bekanntheitsgrad der Mittel und geringer Klarheit der Zielkriterien die dialektische Barriere mit der Synthesebarriere zusammenkommen. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn eine Laserschneidmaschine für einen neuen, noch unbekanntem Markt entwickelt werden soll.

Sind Ist- und Sollzustand klar definiert und der die Zustände verbindende Weg bekannt, spricht Döner von einer Aufgabe, statt von einem Problem. Die Herausforderungen der Produktentwicklung sind demnach Probleme und weniger Aufgaben, die die Kreativität des Menschen zur Transformation des Ist- in den Sollzustand erfordern.

## 2.2.2 Kreativität des Menschen

Die Kreativität des Menschen ist für die Lösung spezifischer und einzigartiger Probleme unerlässlich. Im Folgenden wird deshalb die Kreativität des Menschen diskutiert.

Rhodes (1961) definiert Kreativität als das „Phänomen [...], bei dem eine Person ein neues Konzept (das Produkt) kommuniziert“ (S. 312). Ferner gilt Rhodes als Begründer der 4P's oder auch vier Determinanten der Kreativität: *person, process, product, press*. Diese haben sich in der Literatur etabliert (Börsting, 2012), weshalb diese einzeln zur Diskussion der Kreativität des Menschen beleuchtet werden.

*Person* – Kreativität geht vom Menschen aus und ist eine Persönlichkeitseigenschaft, die unterschiedlich stark bei Menschen ausgeprägt ist (Eysenck, 1993). Der Grad des kreativen Potentials eines Menschen steht im Zusammenhang mit weiteren Persönlichkeitseigenschaften wie Intelligenz, Unabhängigkeit, Nonkonformismus, unkonventionelles Verhalten, weitgespannte Interessen, Offenheit für neue Erfahrungen und Risikobereitschaft sowie kognitive und verhaltensmäßige Flexibilität (Funke, 2000).

Besonders die Offenheit für neue Erfahrungen korreliert stark mit der Kreativität des Menschen (McCrae, 1987). Dies führen Peterson und Carson (2000) auf erhöhte Informationsflüsse zurück, die jedoch auch ein höheres Potential für Ablenkungen mit sich bringen. Darüber hinaus sei unterstrichen, dass die Offenheit für neue Erfahrungen (engl. Openness) einer der fünf Faktoren im Fünf-Faktoren-Modell der Persönlichkeitspsychologie (engl. OCEAN-Modell) ist. Dem erstmals von Allport und Odbert (1936) vorgeschlagenen Modell liegt die Annahme zugrunde, dass sich jeder Mensch auf Skalen den fünf Dimensionen Offenheit für Erfahrungen (Aufgeschlossenheit), Gewissenhaftigkeit (Perfektionismus), Extraversion (Geselligkeit), Verträglichkeit (Rücksichtnahme, Kooperationsbereitschaft, Empathie) und Neurotizismus (emotionale Labilität und Verletzlichkeit) einordnen lässt.

*Process* – Der kreative Prozess beinhaltet Motivation, Wahrnehmung, Lernen, Denken und Kommunikation (Rhodes, 1961). Rhodes (1961) verweist in der Vorstellung der vier Determinanten der Kreativität (Person, Process, Product, Press) im Hinblick auf den kreativen Prozess auf die von Wallas (1925) entwickelten vier Stufen des kreativen Prozesses. Diese sind *Präparation*, *Inkubation*, *Illumination* und *Evaluation* (Rhodes, 1961). Funke (2000) fügt dem die *Ausarbeitung* oder *Elaboration* als fünfte Phase hinzu.

*Preparation*, auch Exploration meint dabei das Sammeln von Wissen und die Einstimmung auf das Problem. In der Vorbereitungsphase wird das Problem zunächst als solches erkannt, bevor die Phase der Inkubation folgt. In dieser Phase zwischen der Formulierung des Problems und dessen Lösung wird unterbewusst an der Schaffung assoziativer Verknüpfungen zwischen gesammeltem Wissen, Erfahrungen, Ideen und Vorstellungen gearbeitet (Rhodes, 1961). Schlicksupp (1976) merkt an, dass in dieser Phase durch Abstand zum Problem angesammeltes Wissen absinken kann, um unterbewusst weiterverarbeitet zu werden. Auf die Inkubation folgt die Illumination, der Geistesblitz, auch als Heureka-Erlebnis bekannt. Dabei tritt sprunghaft die Lösung ins Bewusstsein. Diese gilt es darauffolgend zu verifizieren. Dazu dient die vierte Phase in der die Evaluation zur Analyse der Machbarkeit und Umsetzung erfolgt. Die Lösung wird kritisch diskutiert und es wird darüber entschieden, ob die Idee aus der Illumination weiterverfolgt oder verworfen werden soll (Rhodes, 1961). Die von Funke (2000) als fünfte Phase vorgeschlagene Elaboration dient der Weiterentwicklung und Konkretisierung der Idee.

*Product* – Das kreative Produkt ist eng verwoben mit dem Neuheitsgrad des Produktes, auf das auch Rhodes (1961) hinweist. Funke (2000) fügt die Angemessenheit/Nützlichkeit des Produktes der Betrachtung hinzu. Rhodes (1961) charakterisiert die theoretische Idee als kreativ höherwertig als die Invention, die wiederum kreativ höherwertig sei als die Innovation. Diese Wertung ergibt sich aus den jeweils aus der Idee möglichen Inventionen beziehungsweise aus der Invention möglichen Innovationen. Es bietet sich an, die Neuheit eines Produktes mit dem bereits vorgestellten Modell der PGE zu ermitteln (Albers, Gladysz, et al., 2016).

*Press* – Das kreative Umfeld, bezieht sich auf die Beziehung zwischen dem Menschen und die ihn umgebende Umwelt. Der Einfluss der Umwelt auf die Kreativität konnte von Sternberg und Lubart (2014) in Studien nachgewiesen werden. Dabei wurden die positiven Wechselwirkungen zwischen Entscheidungsfreiheit, unerwarteter Bekräftigung, positivem Innovationsklima und stimulierendem Milieu mit der Kreativität gezeigt. Darüber hinaus konnten Sternberg und Lubart (2014) negative Wechselwirkungen zwischen Kreativität und Druck von Kollegen oder Supervision und Evaluation feststellen.

Mit dem 3-Komponentenmodell der Kreativität haben Amabile, Conti, Coon, Lazenby und Herron (1996) drei Hauptfaktoren identifiziert, die dafür entscheidend sind, wie kreativ das erzielte Ergebnis einer bestimmten Aufgabe ist. Die drei in Abbildung 2.14 dargestellten Komponenten sind die *domänenspezifischen Fähigkeiten*, die *Kompetenzen im Hinblick auf Kreativität (Fantasie)* sowie die *Motivation im Hinblick auf die Aufgabe*. Der Vorteil dieses Modellverständnisses ist, dass sich die drei Komponenten beeinflussen lassen und damit gezielte Maßnahmen getroffen werden können, um die kreative Leistungsfähigkeit des Menschen zu erhöhen.

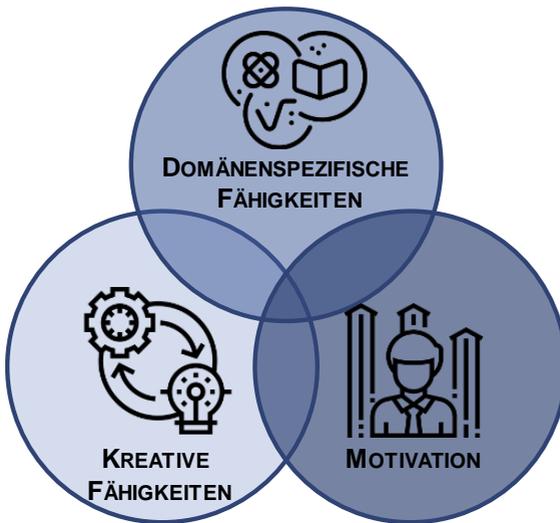


Abbildung 2.14: 3-Komponentenmodell der Kreativität nach Amabile et al. (1996); Darstellung nach Albers, Grunwald, Marthaler, Reiß und Bursac (2018)

Die Korrelation leichter Ablenkbarkeit mit Kreativität wurde bereits erwähnt. Der Mensch kann sich nur auf bedingt viele Dinge gleichzeitig fokussieren bevor ihn zu viel Information überfordert. Miller (1956) zeigt, dass ein Mensch nur  $7 \pm 2$  Chunks im Kurzzeitgedächtnis speichern kann. Ein Chunk bezeichnet dabei ein akustisches Signal, das ein Wort oder eine Zahl sein kann. Der Informationsgehalt eines Chunks kann folglich variieren, die Anzahl der Chunks bewegt sich jedoch stets zwischen fünf und neun.

Um die Kreativität des Menschen trotz der in der Produktentwicklung vorherrschenden Komplexität und der begrenzten Anzahl als Chunks entfalten zu können, gibt es verschiedene Ansätze zur Kreativitätssteigerung. Diese werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

### **2.2.3 Methoden zur Unterstützung des kreativen Syntheseprozesses**

Kreativitätsmethoden, auch Kreativitätstechniken, sind Methoden zur systematischen Nutzung und Unterstützung von Kreativität zur Problemlösungsfindung. Eine Methode ist dem Duden zufolge „ein auf einem Regelsystem aufbauendes Verfahren zur Erlangung von [wissenschaftlichen] Erkenntnissen oder praktischen Ergebnissen“ (Dudenredaktion [o. J.], 2020).

Ehrlenspiel (2007) unterscheidet Kreativitätsmethoden, die auf einem intuitiv-assoziativen Ansatz beruhen und solche Methoden, die vorrangig deskriptiv-deduktiv funktionieren. Die Grenze zwischen deduktiven und intuitiven Kreativitätsmethoden sind fließend. In diesem Zusammenhang wird häufig von integrierten Kreativitätsmethoden gesprochen (Marthaler, Heimicke, et al., 2019).

Intuitive Kreativitätsmethoden zielen auf eine hohe Quantität an Ideen als Output ab. Diese können wie bei der bekanntesten intuitiven Kreativitätsmethode, dem Brainstorming ungeordnet gesammelt oder wie beispielsweise beim Mindmapping in einer Karte arrangiert werden.

Dem offenen Ansatz von intuitiven Kreativitätsmethoden stehen deduktive Vorgehen gegenüber. Diese zeichnen sich durch die methodisch unterstützte Zerlegung des Problems in kleinere Bestandteile (Analyse) und Variieren und Zusammenführen zu einer Lösung (Synthese) aus.

Ein Beispiel für deduktive Kreativitätsmethoden ist der morphologische Kasten, auch als Zwicky Box nach dem Erfinder Fritz Zwicky (1969) benannt. Dazu werden im ersten Schritt Eigenschaften und Funktionen im Hinblick auf die Problemstellung gesammelt. Die möglichen Ausprägungen werden rechts neben die Eigenschaften geschrieben, sodass sich eine Matrix aus Eigenschaften und korrespondierenden Ausprägungen ergibt. Im dritten und letzten Schritt werden die Ausprägungen verbunden. Dazu bieten sich ein systematisches oder ein intuitives Vorgehen an. Beim systematischen Vorgehen wird die Anzahl der Eigenschaften und Ausprägungen limitiert, wohingegen beim intuitiven Vorgehen diese frei kombiniert werden können.



## 2.2.4 Zwischenfazit

Die Kreativität des Menschen ist Grundlage und Voraussetzung jeglicher Entwicklungsprozesse. Dies gilt auch vor dem Hintergrund zunehmender Nutzung computergestützter Lösungsfindung (Börsting, 2012). Lösungsfindung meint dabei die Umwandlung eines unerwünschten Istzustandes in einen erwünschten Sollzustand in der Zukunft. Dieses Problemverständnis geht auf Dörner (1979) zurück. Hohe menschliche Kreativität korreliert häufig mit leichter Ablenkbarkeit (Peterson & Carson, 2000) und damit einer Überforderung des menschlichen Geistes, der Miller (1956) zufolge nur  $7 \pm 2$  Chunks im Kurzzeitgedächtnis bewahren kann. Im Mittelpunkt der Produktentwicklung muss daher der Mensch stehen (Albers, 2010). Produktentwicklung als komplexer Prozess erfordert maximale Fokussierung des Entwicklers. Um dieser Herausforderung zu begegnen, existieren Kreativitätsmethoden, die die Kreativität des Menschen bündeln und in einem systematischen Vorgehen zusammenfassen (Zwicky, 1969). Diese Methoden haben gemein, dass sie meist nur auf dem zum Zeitpunkt der Anwendung der Methode verfügbaren Wissen Lösungen generieren und Zukunftswissen nicht systematisch integriert wird. Für zukunftsrobuste Lösungen, die die Kunden von morgen begeistern, ist die Integration von Zukunftswissen jedoch zwingend erforderlich. Einen ersten Ansatz dazu schlagen Heimicke et al. (2018) mit der Kreativitätsmethode Inno-Bandit vor. Eine durchgängige Integration dieser Methode in den Produktentstehungsprozess erfolgt jedoch nicht.

Durch strategische Vorausschau kann Zukunftswissen zur Problemlösung in der Produktentwicklung generiert werden. Im Folgenden wird deshalb die strategische Vorausschau umfassend vorgestellt.

## 2.3 Strategische Vorausschau

Kapitel 2.3 fokussiert die strategische Vorausschau. Dazu wird in Kapitel 2.3.1 zunächst der Vorausschaubegriff eingeführt und abgegrenzt. In Kapitel 2.3.2 werden die Instrumente zur Vorausschau vorgestellt und eingeordnet. Kapitel 2.3.3 stellt den Einsatz von Vorausschau in Unternehmen zunächst allgemein sowie daran anschließend mit dem Fokus auf die Produktentwicklung, dar. Zum Abschluss ist ein Zwischenfazit in Kapitel 2.3.4 gegeben.

### 2.3.1 Vorausschaubegriff

Der Begriff der *Vorausschau* lässt sich anhand von Ebenen auf der einen Seite sowie anhand der Unterschiede der deutsch- und englischsprachigen Begriffswelt auf der anderen Seite einführen. Im Englischen wird für den Begriff der Vorausschau meist *Foresight* eingesetzt. Ebenso ist festzustellen, dass sich *Foresight* als Synonym für Vorausschau im deutschsprachigen Raum zunehmend durchsetzt. (Jannek & Burmeister, 2007)

Diese beiden Sichtweisen auf den Begriff der Vorausschau veranschaulicht die nachfolgend dargestellte Abbildung 2.16.

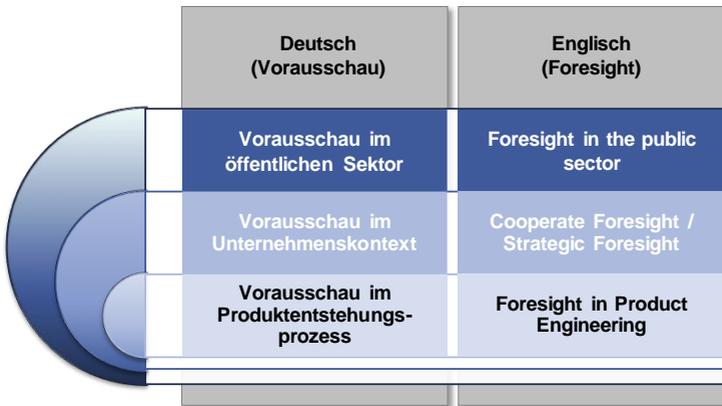


Abbildung 2.16: Ebenen des Vorausschaubegriffs in deutscher und englischer Sprache (eigene Darstellung)

Gausemeier und Plass (2014) haben in den letzten Jahrzehnten den Vorausschaubegriff im Unternehmenskontext geprägt. Sie führen ihre Definition für Vorausschau wie folgt ein: „[Bei der Vorausschau als] Ebene der Unternehmensführung geht es um das systematische Ausleuchten des Zukunftsraums mit dem Ziel, zukünftige Chancen (Erfolgs- beziehungsweise Nutzenpotentiale) aufzuspüren und auch Bedrohungen für das etablierte Geschäft von heute zu erkennen“ (S. 21). Im englischsprachigen Raum wird oft von *Corporate Foresight* (P. Becker, 2002) oder *Strategic*

*Foresight* (Müller, 2009) gesprochen. Weiterhin etablieren sich zunehmend im englischsprachigen Raum Begriffe, die auf die Relevanz der Integration von Vorausschau in die Unternehmensprozesse hinweisen: So wird beispielsweise der Begriff des *Organizational Future Orientation* eingesetzt (Heger & Rohrbeck, 2012).

Vorausschau im Unternehmenskontext kann in einem weiteren und engeren Sinne verstanden werden.

Im weiteren Sinne verstehen Tyssen, Schneider, Gleich und Wald (2012) den Begriff der Vorausschau als die Fähigkeit „von Unternehmen, mit einer Mittel- bis Langfristperspektive frühzeitige Entwicklungen im Unternehmensumfeld zu erkennen, die Relevanz für das Unternehmen zu interpretieren und passende Handlungen anzustoßen, um Wettbewerbsvorteile zu schaffen“ (S. 15).

Raffée und Wiedmann (1998) unterscheiden Vorausschau, wie in Abbildung 2.17 dargestellt, auf drei Ebenen. *Frühwarnsysteme* dienen zur frühzeitigen Ortung von Bedrohungen. *Früherkennungssysteme* sollen darüber hinaus potentielle Chancen aufzeigen. *Frühaufklärungssysteme* ermöglichen die Initiierung von Maßnahmen zur Begegnung der Bedrohungen und Chancen. Dazu ist eine Exploration, eine Diagnose sowie eine Prognose der schwachen Signale potentiell relevanter Technologien notwendig (Specht, Beckmann & Amelingmeyer, 2002). Die Notwendigkeit einer Technologieerkennung wird von Unternehmen immer wieder betont (Gassmann & Kobe, 2006). Die strategische Frühaufklärung hat zum Ziel, das Unternehmensumfeld kontinuierlich zu beobachten, um damit Unregelmäßigkeiten im Konsumverhalten sowie Technologietrendveränderungen aufzuzeigen (Liebl, 1996). So können potentiell für Unternehmen relevante Geschäftsfelder frühzeitig identifiziert werden und dadurch ein Wettbewerbsvorteil generiert werden (Heger & Rohrbeck, 2012).

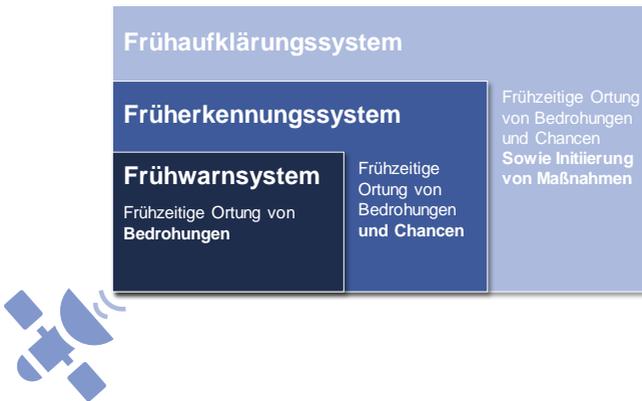


Abbildung 2.17: Von strategischer Frühwarnung zu strategischer Frühaufklärung (Raffée & Wiedmann, 1998)

Im engeren Sinne versteht Müller (2009) unter Vorausschau einen kollaborativen *Prozess*. So spricht er in seiner Ausführung von „eine[m] systematisch-partizipatorischen strategischen Unternehmensprozess [, der] das Ziel [verfolgt], die strategische Entscheidungsfindung im Unternehmen durch die ganzheitliche Antizipation, Analyse und Interpretation langfristiger gesellschaftlicher, ökonomischer und technologischer Umfeldentwicklungen sowie durch die aktive Gestaltung alternativer Zukunftsvorstellungen und -visionen zu unterstützen“ (S. 25).

In der Definition von Gausemeier und Plass (2014) erfolgt eine klare Abgrenzung zu Vorausschau im öffentlichen Kontext. Bei Vorausschau im öffentlichen Kontext ist vor allem auf den Begriff der *Technikfolgenabschätzung* hinzuweisen. Diese beschreibt die Identifikation potentieller Chancen und Risiken sowie die daraus entstehenden direkten und indirekten Effekte, die sich zukünftig auf alle Bereiche der Gesellschaft auswirken und auf Technologieentwicklungen basieren (Bullinger, 1994). Die Politik nutzt Technikfolgenabschätzung zur frühzeitigen Ableitung von Handlungsoptionen (Cuhls, 2008). Nach Grunwald (2010) ist das Ziel der Technikfolgenabschätzung, die Technik in den Zusammenhang mit der Gesellschaft zu stellen, um frühzeitig unerwünschte Folgen zu antizipieren und Vermeidungsmaßnahmen einleiten zu können. Vorausschau im öffentlichen Kontext wird trotz der hohen gesellschaftlichen Relevanz nicht weiter in dieser Arbeit ausgeführt, da der Fokus dieser Arbeit auf dem Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung liegt, um für

die strategisch relevante Entscheidungsfindung und damit für den langfristigen Erfolg eines Unternehmens einen Beitrag zu leisten.

Mit dem Ziel, durch diese Forschungsarbeit die Nutzbarmachung von Vorausschau in der Produktentwicklung zu unterstützen, wird im Folgenden eine für diese Arbeit gültige Definition von Vorausschau in der Produktentwicklung abgeleitet. Als einschlägige Vorarbeit, in der die Anwendung von Vorausschau im Produktentstehungsprozess untersucht wurde, wird das Verständnis von Meyer-Schwickerath (2014) zugrunde gelegt.

„Vorausschau im Produktentstehungsprozess ist ein systematisch-partizipatorischer Prozess zur Unterstützung der Entscheidungsfindung, mit dem Ziel, Chancen und Risiken durch mittel- bis langfristigen Wandel im Unternehmensumfeld zu nutzen beziehungsweise zu begegnen. Der Prozess der Vorausschau umfasst dabei sowohl das Vordenken von möglichen Zukünften als auch das Überwachen von Wandel“ (Meyer-Schwickerath, 2014, S. 22).

Folgendes Verständnis von Vorausschau wird deshalb dieser Arbeit zugrunde gelegt:

Vorausschau im Produktentstehungsprozess ist ein systematisch-partizipatorischer Prozess mit dem Ziel den Produktentwickler beim frühzeitigen Identifizieren und Priorisieren von Entwicklungspotentialen durch Zukunftswissen zu unterstützen, um den Entwicklungsfokus auf Suchfelder für Produktprofile mit hohem Innovationspotential zu richten und einen Entwicklungsvorsprung gegenüber dem Wettbewerb zu erzielen.

### 2.3.2 Instrumente zur Vorausschau

Zur Vorausschau existieren eine Reihe an Methoden aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen, wie den Sozial-, Wirtschafts-, Technik- und Naturwissenschaften. Diese Methoden sind grundlegend für den Einsatz in der Produktentwicklung geeignet, bedürfen jedoch einer bedarfsgerechten Anpassung beziehungsweise Rekombination hinsichtlich der jeweiligen Entwicklungsaufgabe (Steinmüller, 2007).

Zur Einteilung von Methoden existieren unterschiedliche Kriterien. Gordon (2009) führt als Kriterien den *Charakter* und den *Zweck* der Methode ein. Ausprägungen

des Kriteriums Charakter sind *quantitativ* und *qualitativ*. Ausprägungen des Kriteriums Zweck sind *normativ* und *explorativ*. Durch normative Methoden werden wünschenswerte Zukunftsbilder entworfen. Explorative Methoden dienen dazu, den potentiellen Zukunftsraum möglichst breit abzudecken. Weiterhin ist eine Unterteilung der quantitativen Methoden in *datenbasierte* und *expertenbasierte* Methoden möglich (Steinmüller, 2007).

Darüber hinaus unterscheidet Cuhls (2008) anhand der Fristigkeit in *kurzfristige* und *langfristige* Methoden sowie *sektorale* und thematisch *umfassende* Methoden. Weiterhin kann eine Unterteilung hinsichtlich des *Betrachtungsgegenstands* in technische, marktbasierende und integrierte Methoden erfolgen (Rohrbeck & Gemünden, 2006).

Meyer-Schwickerath (2014) unterteilt darüber hinaus hinsichtlich des *Teilprozesses der Vorausschau* in Methoden zur *Informationsaufnahme*, *Informationsstrukturierung*, *Informationsnutzung/Wissensaufbereitung* sowie *Entscheidung*. Anhand dieser Kriterien kann ein umfassendes Methodenprofil je Methode zur Vorausschau erstellt werden. Dieses ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

Kriterium	Ausprägungen			
Charakter	Normativ		Explorativ	
Zweck (Ebene 1)	Qualitativ		Quantitativ	
Zweck (Ebene 2)			datenbasiert	expertenbasiert
Fristigkeit	Kurzfristig		Langfristig	
Betrachtungsgegenstand	Markt	Technologie	integriert	
Teilprozess der Vorausschau	Informationsaufnahme	Informationsstrukturierung	Informationsnutzung	Entscheidung

Abbildung 2.18: Profil zur Kategorisierung von Methoden der Vorausschau

Als sehr häufig in der Produktentwicklung eingesetzte Methode soll dazu die Delphi-Methode vorgestellt werden (Häder, 2014; Rauch & Wersig, 1978). Sie ist sehr gut

geeignet, um grundlegende Technologieentwicklungen in einem bestimmten Feld, wie zum Beispiel der Frage nach grundsätzlichen Entwicklungen der Mobilität von Menschen und Gütern zu identifizieren, gerade wenn keine allgemeine Grundgesamtheit analysiert werden und nur eine subjektive Meinung von Experten bemüht werden kann. Meistens wird die Delphi-Methode zweistufig durchgeführt. Durch Anwendung des in Abbildung 2.18 vorgestellten Profils zur Kategorisierung von Methoden lässt sich für die Delphi-Methode das folgende, in Abbildung 2.19 vorgestellte, in blau dargestellte Methodenprofil ableiten.

Kriterium	Ausprägungen			
Charakter	Normativ	Explorativ		
Zweck (Ebene 1)	Qualitativ	Quantitativ		
Zweck (Ebene 2)		datenbasiert	expertenbasiert	
Fristigkeit	Kurzfristig	Langfristig		
Betrachtungsgegenstand	Markt	Technologie	integriert	
Teilprozess der Vorausschau	Informationsaufnahme	Informationsstrukturierung	Informationsnutzung	Entscheidung

Abbildung 2.19: Methodenprofil der Delphi-Methode anhand einer Beispielfrage

Vorausschau lässt sich neben diesem Kriterien-Profil nach Fink und Siebe (2011) in drei Ebenen mit operativem, taktischem und strategischem Fokus untergliedern. Dabei erfolgt die Unterscheidung in *Prognosen*, *Trends* und *Szenarien*. Während Prognosen eher eine kurze Fristigkeit besitzen, haben Trends eine mittlere und Szenarien eine lange Fristigkeit. Diese drei Ebenen sind in Abbildung 2.20 visualisiert.

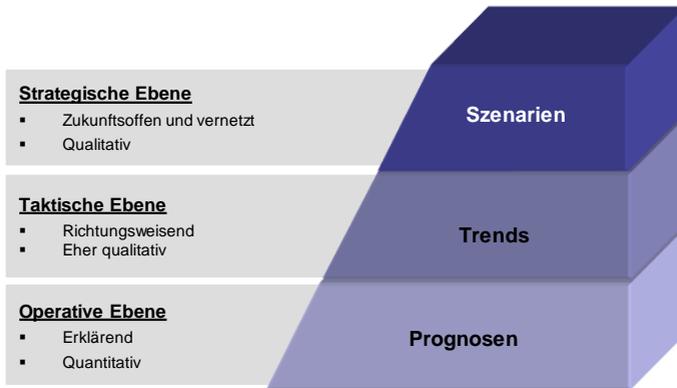


Abbildung 2.20: Drei Ebenen der Vorausschau nach Fink und Siebe (2011)

Im Folgenden werden diese drei Instrumente zur Vorausschau genauer beleuchtet.

### 2.3.2.1 Prognosen als kurzfristiges Instrument zur Vorausschau

Prognosen sind lineare Fortschreibungen von quantitativen Werten aus der Vergangenheit und der Gegenwart. Diese werden eingesetzt, um Aussagen über konkrete Sachverhalte mit kurzem Zeithorizont zu treffen (Fink & Siebe, 2016). Dazu werden quantitative Daten genutzt, um beispielsweise Prognosen über die erwarteten Verkaufszahlen einer Produktgeneration eines Fahrzeugs in den nächsten Wochen und wenigen Monaten abzugeben. Die Aussagekraft von Prognosen ist jedoch meist nur auf einen sehr kurzen Betrachtungshorizont beschränkt (Albers, Meyer-Schwickerath & Siebe, 2013). Damit nimmt die Aussagegüte mit zunehmendem Betrachtungshorizont ab. Um die Relevanz von Prognosen besser einschätzen zu können, besteht unter anderem die Möglichkeit, die den Prognosen zugrunde liegenden Annahmen mit Wahrscheinlichkeiten zu behaften (Siebe & Fink, 2011). Aufgrund der sehr kurzen Fristigkeit von Prognosen spielen diese für das Ziel der hier vorliegenden Forschungsarbeit nur eine untergeordnete Rolle. Dies wird daraus ersichtlich, dass die Entwicklungsdauern selbst meist länger sind als die Fristigkeiten von Prognosen.

### 2.3.2.2 Trend als mittelfristiges Instrument zur Vorausschau

Trends beschreiben potentielle, eindimensionale Zukunftsentwicklungen, die als besonders relevant eingeschätzt werden und damit bei der zukünftigen Geschäftstätigkeit berücksichtigt werden sollten (Horx, 1998). Die Fristigkeit von Trends übersteigt den Betrachtungszeitraum von Prognosen und wird im deutschsprachigen Raum als mittelfristig bezeichnet (Fink & Siebe, 2016). Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Eindimensionalität der Betrachtung: Es findet keine Wechselwirkungsanalyse mit anderen Entwicklungen statt (Fink et al., 2001). Trends können anhand ihrer Auswirkungen auf die Veränderungen des Konsumverhaltens oder der Geschwindigkeit einer Technologieentwicklung kategorisiert werden. So ist eine Einteilung in Megatrends, Konsumententrends und Branchentrends möglich. Nach Krause und Gebhardt (2018) besitzen Megatrends einen globalen Einfluss. Konsumententrends beeinflussen vorwiegend Marketing- und Produktkonzepte und Branchentrends beeinflussen vor allem Technologien und Branchen. Produkte sind dann mit einer großen Wahrscheinlichkeit erfolgreich, wenn sie diese starken Trends adressieren (Kotler & Bliemel, 2006). Albers und Matthiesen (1998) unterstreichen die Relevanz des Einsatzes von Trends zur Identifikation von relevanten Produktmerkmalen in der Produktentwicklung. Im Folgenden wird deshalb der Trendprozess vorgestellt.

Es existieren eine Reihe unterschiedlicher Vorgehensweisen zum Einsatz von Trends. Nach Gausemeier und Plass (2014) kann der Trendprozess in vier übergeordnete Schritte eingeteilt werden. Der erste Schritt ist die *Beschreibung von Trends*. Dazu kann auf Sekundärstudien aus der Trendforschung oder auf eine eigene Analyse, zum Beispiel anhand von Fachliteratur, Fachmessen, Fachtagungen, Geschäftsberichten oder Patentanmeldungen zurückgegriffen werden. Im zweiten Schritt sind die zuvor recherchierten Trends hinsichtlich deren Stärke und Eintrittswahrscheinlichkeit zu bewerten, um die geschäftsrelevanten Trends zu identifizieren. Klopp (1999) spricht in diesem Zusammenhang von Einfluss und Evidenz. Fortfolgend sind die mit den Trends einhergehenden *Chancen und Risiken* für das Unternehmen zu ermitteln und zu bewerten. Trends als externe Größe sind somit den internen Stärken und Schwächen eines Unternehmens in Verbindung zu bringen (Hill & Westbrook, 1997). Basierend auf den identifizierten Chancen und Risiken können im vierten Schritt *Handlungsoptionen* abgeleitet werden.

### 2.3.2.3 Szenarien als langfristiges Instrument zur Vorausschau

Der Einsatz von Szenarien ist das Instrument zur langfristigen Vorausschau (Gausemeier et al., 2016). Zum Szenario-Begriff sind verschiedene Analysen durchgeführt worden. Ein weitverbreitetes, prozessbezogenes Verständnis von Szenarien geht auf Durance und Godet (2012) zurück, deren englischsprachige Definition zum

Verständnis wörtlich übersetzt sei: „Ein Szenario ist keine zukünftige Realität, sondern vielmehr ein Mittel zu ihrer Darstellung mit dem Ziel, das gegenwärtige Handeln im Hinblick auf mögliche und wünschenswerte Zukünfte zu verdeutlichen“ (Durance & Godet, 2012, S. 1488). Entsprechend sind Szenarien keine Vorhersagen, sondern adressieren das Vorausdenken möglicher Zukünfte und schaffen damit eine Diskussionsgrundlage (Sontheimer, 1971).

Fink und Siebe (2011) greifen neben weiteren Autoren dieses Verständnis auf und formulieren die beiden Grundprinzipien der *multiplen Zukünfte* und des *vernetzten Denkens*. Siebe (2018) erweitert dieses Verständnis um die strategische Dimension, da Szenarien nie zum Selbstzweck entwickelt werden und immer einen strategischen Nutzen zu erfüllen haben.

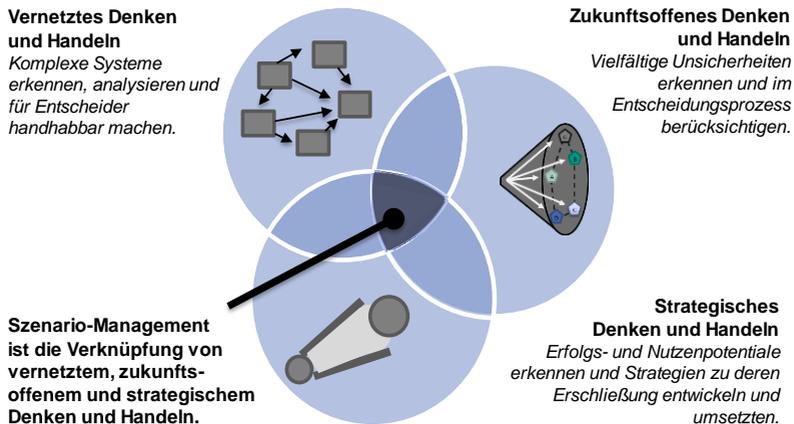


Abbildung 2.21: Drei Grundprinzipien des strategischen Einsatzes von Szenarien (Siebe, 2018)

Das zukunfts offene Denken und Handeln fordert von den beim Szenario-Prozess beteiligten Akteuren eine unvoreingenommene Einstellung, um den potentiellen Zukunftsraum möglichst breit und umfangreich abdecken zu können. Das Ziel ist damit nicht, die Zukunft exakt vorauszusagen. Fink et al. (2001) fordern vielmehr die Zukunft als multiplen Zukunftsraum alternativer und abgrenzbarer Entwicklungsmöglichkeiten vorauszu denken.

Das *vernetzte Denken und Handeln* fordert von den beim Szenario-Prozess beteiligten Akteuren das Verhalten vernetzter und komplexer Systeme zu berücksichtigen. Wie in Kapitel 2.1 gezeigt, nimmt die Vernetzung in komplexen Systems of Systems (SoS) eine zunehmende Bedeutung ein. Gerade zur Entwicklung mechatronischer Systeme sind die Wechselwirkungen unerlässlich, da erst durch das Zusammenwirken einzelner Systeme im SoS bestimmte Funktionen realisiert werden können (Albers, Grunwald, et al., 2018).

Das *strategische Denken und Handeln* fordert von den beim Szenario-Prozess beteiligten Akteuren die durch die Vorausschau generierten Erkenntnisse in deren Entscheidungsfindung zu integrieren. Durch die hohe Dynamik und Unsicherheit in frühen Phasen der PGE muss der Fokus auf zukünftige Erfolgspotentiale gelegt werden, mit dem Ziel, frühestmöglich die richtigen Entscheidungen für den Erfolg von morgen zu schaffen (Albers, Rapp, et al., 2017).

Im Kontext dieser Arbeit wird dem Einsatz von Szenarien die größte Bedeutung als Instrument zur Vorausschau zugeschrieben. Dies wird zum einen darauf zurückgeführt, dass Szenarien einen langfristigen Zeithorizont bedienen und damit grundlegend Erkenntnisse für die Planung mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen gewonnen werden können und zum anderen, dass sich Szenarien aufgrund der Möglichkeit, Vernetzungen abbilden zu können, überhaupt erst zur Modellierung zukünftiger Systems of Systems eignen, welche wiederum das zukünftige Umfeld der zu entwickelnden Produkte darstellen (Albers, Grunwald, et al., 2018).

Zur Entwicklung von Szenarien existieren in der Literatur eine Reihe unterschiedlicher Methoden und Vorgehensweisen (Siebe & Fink, 2011). Beispielsweise unterscheiden Bishop, Hines und Collins (2007) die Szenarien anhand der zur Erstellung eingesetzten Methoden mit insgesamt acht Techniken und 23 Untertypen. Einen pragmatischeren Ansatz wählen Siebe und Fink (2011). Die Autoren nutzen zur Unterscheidung den *Grad der Ungewissheit* und den *Grad der Komplexität* des betrachteten Systems (Siebe & Fink, 2011). Besonders eingänglich für diese Arbeit ist die Unterscheidung in drei Kategorien und sechs Typen nach Börjeson, Höjer, Dreborg, Ekvall und Finnveden (2005), da in dieser Kategorisierung die Interaktion mit dem Nutzer, in dieser Arbeit dem Produktentwickler, herangezogen wird. Abbildung 2.22 stellt diese Kategorisierung zusammenfassend dar.

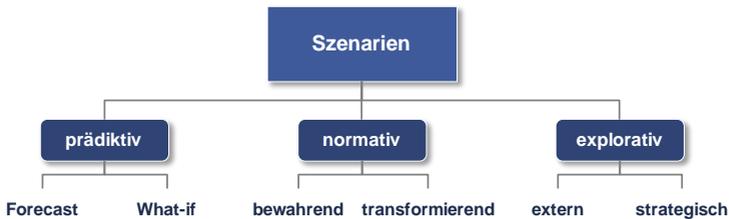


Abbildung 2.22: Kategorisierung von Szenarien nach Börjeson et al. (2005)

Diese einzelnen Kategorien von Szenarien werden im Folgenden vorgestellt.

*Prädiktive Szenarien* werden dann eingesetzt, wenn Zusammenhänge beschrieben werden sollen, deren Eintreten relativ wahrscheinlich ist. Dazu zählen zum einen *Forecast Szenarien*, bei denen durch Worst und Best Case Szenarien die Leitplanken für eine Planung definiert werden. Zum anderen zählen *What-If* Szenarien zu dieser Kategorie. What-If Szenarien entstehen durch die Verkettung einzelner bereits geschehener Ereignisse und ermöglichen so eine Vorhersage (Börjeson et al., 2005).

*Normative Szenarien* werden dann eingesetzt, wenn ein bestimmter Zielbeziehungsweise Sollzustand bekannt ist und unterschiedliche Wege zu dessen Erreichung gefunden werden können. Normative Szenarien können als *bewahrende* oder *transformierende Szenarien* ausgeführt sein (Börjeson et al., 2005).

Als *explorative Szenarien* werden Szenarien bezeichnet, die den Zukunftsraum möglichst breit abdecken sollen, um zukünftige Zusammenhänge besser verstehen zu können. Siebe (2018) unterscheidet dazu in *Umfeldszenarien* (externe Szenarien), *Lenkungsszenarien* (interne Szenarien) und *Systemszenarien* (integrierte Szenarien). Umfeldszenarien können als Technologieumfeld- und Marktumfeldszenarien, je nach dem gewünschten Gestaltungs- (z. B. Unternehmen, Produkte, Branchen) und Szenariofeld (z. B. Regional- oder Globalszenarien), ausgeführt werden (Gausemeier & Plass, 2014). Lenkungsszenarien werden durch von Unternehmen beeinflussbare Gestaltungselemente gebildet. Umfeldszenarien werden durch nicht von Unternehmen beeinflussbare Elemente gebildet (Fink & Siebe, 2016).

Explorative Szenarien werden für diese Arbeit als zielführend eingeschätzt, da diese den Anspruch haben, den Zukunftsraum möglichst breit abzudecken. So ist es möglich, die Zukunftsrobustheit hinsichtlich alternativer Szenarien für bestimmte Produkte zu bewerten. Zudem weisen explorative Szenarien einen sehr hohen Grad an Vernetzung auf und ermöglichen damit auch die Modellierung komplexer Systems of Systems, die das Umfeld der zu entwickelnden Produkte darstellen (Albers, Grunwald, et al., 2018). Der verhältnismäßig höhere Aufwand zur Identifikation und Bewertung potentieller Marktleistungen von morgen, steht gemäß der Zehnerregel in keinem Verhältnis zu den durch falsche Entscheidungen getroffenen Auswirkungen und kann damit vernachlässigt werden (Albers, Rapp, et al., 2017). Zur Erhöhung der Akzeptanz gegenüber dem Einsatz von explorativen Szenarien ist eine entsprechende Einführungsstrategie zu wählen. Hier ist auf Arbeiten von Albers, Reiß, Bursac, Walter und Gladysz (2015) zu verweisen. Gemäß der in Kapitel 2.3.2 eingeführten Kategorisierung von Methoden zur Vorausschau wird im Folgenden ein Profil abgeleitet, das diese Anforderungen integriert. Dieses ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Kriterium	Ausprägungen			
Charakter	Normativ	Explorativ		
Zweck (Ebene 1)	Qualitativ	Quantitativ		
Zweck (Ebene 2)		datenbasiert	expertenbasiert	
Fristigkeit	Kurzfristig	Langfristig		
Betrachtungsgegenstand	Markt	Technologie	integriert	
Teilprozess der Vorausschau	Informationsaufnahme	Informationsstrukturierung	Informationsnutzung	Entscheidung

Abbildung 2.23: Abgeleitetes Anforderungsprofil an Szenario-Methode

Wie in Abbildung 2.23 dargestellt, soll die Szenario-Methode auf einem explorativen Vorgehen beruhen und den Zukunftsraum qualitativ und langfristig beschreiben. Weiterhin sollen Markt- und Technologieszenarien sowie integrierte Systemszenarien entwickelt werden können. Darüber hinaus soll die Methode in allen Teilprozessen der Vorausschau anwendbar sein und strategische Entscheidungen ermöglichen. Diese Anforderungen erfüllt das *Szenario-Management* (Fink et al., 2001). Es existieren eine Reihe von Vorgehensweisen zum Einsatz des Szenario-Managements. Dazu unterscheiden Fink et al. (2001) grundsätzlich in induktiv-Konsistenzbasierte Vorgehensweisen und deduktiv-Morphologie-basierte Vorgehensweisen. Mietzner (2009) identifiziert folgende Vorgehensweisen als besonders verbreitet:

- Szenario-Prozess nach Geschka und Schwarz-Geschka (2012)
- Szenario-Ansatz nach Schwartz (1996)
- Szenario-Prozess nach Durance und Godet (2012)
- Szenario-Prozess nach Gausemeier und Plass (2014)

Das Phasenmodell des Szenario-Prozesses nach Gausemeier und Plass (2014) ist gerade im deutschsprachigen Raum sehr verbreitet und ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

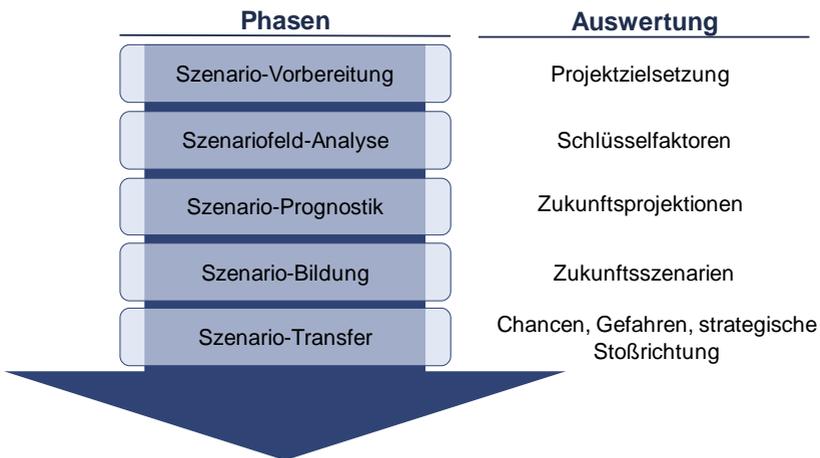


Abbildung 2.24: Phasen des Szenario-Prozesses (Gausemeier & Plass, 2014)

In der *Szenario-Vorbereitung* werden das Projektziel sowie die Projektorganisation definiert. Das Gestaltungsfeld der zu entwickelnden Szenarien wird definiert. Bei Vorausschau im Kontext von Unternehmen sind vor allem das globale Umfeld, das Branchenumfeld sowie die Branche selbst interessant (Gausemeier et al., 2016). Ebenso ist das Szenariofeld zu definieren, um den Konkretisierungsgrad der zu entwickelnden Szenarien einzuordnen (Fink et al., 2001).

In der *Szenariofeld-Analyse* wird das Feld, das anhand der Szenarien modelliert werden soll durch sogenannte Einflussfaktoren beschrieben. Durch den mehrstufigen Einsatz verschiedener Kriterien werden die für das Szenariofeld relevantesten Einflussfaktoren identifiziert. Diese sogenannten Schlüsselfaktoren bilden den Input für die nächste Phase (acatech, 2012).

In der *Projektionsentwicklung* werden alternative Entwicklungsmöglichkeiten der einzelnen Schlüsselfaktoren entwickelt. Wichtig ist, dass diese eine hohe Zukunftsoffenheit aufweisen, um den Möglichkeitsraum möglichst breit abbilden zu können (Fink & Siebe, 2016).

In der *Szenario-Bildung* werden durch eine Konsistenzanalyse verträgliche Projektionsbündel gebildet. Projektionsbündel setzen sich aus je einer Projektion aller Schlüsselfaktoren zusammen. Ähnliche Projektionsbündel werden durch Clusteranalysen zusammengefasst. Diese werden als Projektionen bezeichnet und liegen in Form von Ausprägungslisten vor (Gausemeier & Plass, 2014).

Im *Szenario-Transfer* erfolgt die Untersuchung der Auswirkungen der entwickelten Szenarien auf das zuvor definierte Gestaltungsfeld. So sind unter anderem Chancen und Risiken für jedes Szenario zu ermitteln und Handlungsoptionen abzuleiten (Siebe, 2018).

Die entwickelten Szenarien können fortfolgend für verschiedene Aktivitäten eingesetzt werden. Der Einsatz von Vorausschau in Unternehmen mit einem Fokus auf der Produktentstehung wird daher im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

### **2.3.3 Einsatz von Vorausschau**

Zunächst werden in Kapitel 2.3.3.1 Studien, in denen der Einsatz von Vorausschau untersucht wurde, vorgestellt. In Kapitel 2.3.3.2 erfolgt die Verortung von Vorausschau anhand der verschiedenen Produktentstehungsmodelle. In Kapitel 2.3.3.3 wird der Einsatz von Vorausschau im Kontext der Aktivitäten der Produktentstehung diskutiert.

### 2.3.3.1 Studien zum Einsatz von Vorausschau in Unternehmen

Studien zum Einsatz von Vorausschau in Unternehmen hält der Stand der Forschung in einer Vielzahl vor. Diese Studien lassen sich dabei nach deren Zielsetzung in drei verschiedene Kategorien gliedern. Zu der ersten Kategorie zählen Studien, die den allgemeinen Einsatz von Vorausschau aufzeigen. Die Studien der zweiten Kategorie betrachten die Vorteile, die mit dem Einsatz von Vorausschau einhergehen und fokussieren sich auf den Produktentstehungsprozess. Die Studien der dritten Kategorie stellen die Relevanz einer integrierten Planung und Entwicklung im Laufe der Produktentstehung dar.

Rohrbeck (2010) stellt eine Vielzahl der ersten Kategorie zuzuordnenden Studien systematisch dar. Dabei analysiert der Autor (Rohrbeck, 2010), dass vor allem qualitative Studien und weniger quantitative Studien durchgeführt wurden. Bei den qualitativen Studien werden vorwiegend wenige Unternehmen analysiert, die in ihren Unternehmensprozessen Vorausschau bereits einsetzen. Die quantitativen Studien fokussieren spezifische Zielgruppen, wie bestimmte Branchen, Regionen oder Unternehmensgrößen (Müller, 2009). Beispielsweise sei die Studie von Tyssen (2012) mit insgesamt 247 Studienteilnehmer aus dem Anlagen- und Maschinenbau anzuführen. In dieser Studie fokussiert Tyssen (2012) den Einsatz der Vorausschaelemente für verschiedene allgemeine Aktivitäten. Die folgende Abbildung 2.25 stellt die Studienergebnisse dar.

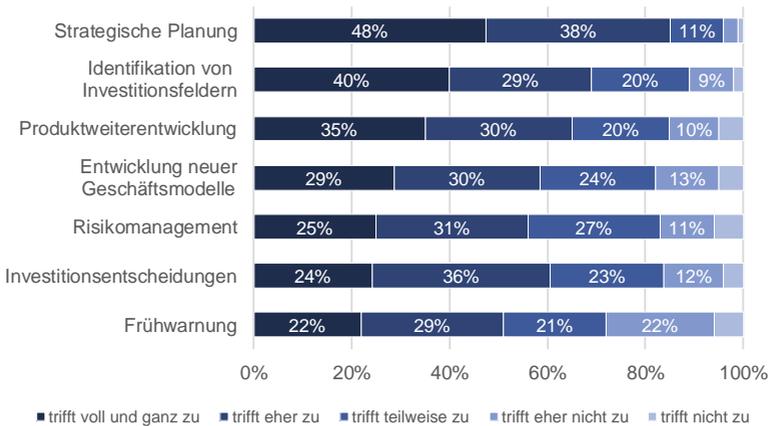


Abbildung 2.25: Einsatz von Vorausschau in verschiedenen, allgemeinen Aktivitäten (Tyssen, 2012)

Weiterhin untersuchen Tyssen et al. (2012) den Einsatz von Vorausschau in einer vergleichenden Analyse daraufhin, ob die Unternehmensgröße einen Einfluss darstellt. Dabei kommen die Autoren zu dem Entschluss, dass Großunternehmen Vorausschau häufiger einsetzen, als kleine und mittelständische Unternehmen (KMU). Ferner resultiert die Erkenntnis, dass gerade kleine Unternehmen nicht die notwendigen Ressourcen haben, um Foresight-Experten in den verschiedenen Unternehmensbereichen zu beschäftigen.

Die Studien der zweiten Kategorie adressieren die Vorteile, die mit dem Einsatz von Vorausschau einhergehen. So zeigen Schuh, Arnoscht, Lenders und Rudolf (2010) die Vorteile der Integration von Vorausschau in die Produktarchitekturentwicklung auf. Die Autoren (Schuh et al., 2010) zeigen in ihrer Studie, dass wenn bereits bei der Anforderungserhebung vorausschauende Planungsmethoden eingesetzt werden, in späteren Phasen des Produktentstehungsprozesses der Umfang ungeplanter Änderungen an der Produktarchitektur sinkt. Albers, Scherer, Bursac und Rachenkova (2015) und Bursac (2016) unterstreichen in ihren Analysen die im Vergleich zu einzelnen Produkten meist deutlich längeren Lebenszyklen von Baukästen. Die Entscheidungen, die in Frühen Phasen der Baukastenentwicklung getroffen werden, unterliegen daher einer noch größeren Unsicherheit aufgrund der sich verändernden Kundenanforderungen (Albers, Scherer, et al., 2015; Bursac, 2016).

Die Studien der dritten Kategorie stellen die Relevanz einer integrierten Planung und Entwicklung dar. So bringen Albers und Gausemeier (2012) in ihrer Studie zum Ausdruck, dass die zielorientierte Zusammenarbeit aller involvierten Stakeholder einen wesentlichen Einfluss auf den Produkterfolg darstellt. Weiterhin werden die Komplexität der zu entwickelnden Produkte, der Innovationsdruck sowie die Effizienzsteigerung als die größten Treiber für diese integrierte Zusammenarbeit definiert (Albers & Gausemeier, 2012). Gausemeier et al. (2016) zeigen darüber hinaus in einer zweigeteilten Studie mit 65 Breiteninterviews und 40 Tiefeninterviews die Relevanz der Vernetzung von strategischer Produktplanung und der Produktentwicklung. In diesem Expertenpanel sind Vertreter unterschiedlicher Branchen, Fachbereiche und Unternehmensgrößen vertreten. Ziel dieser Studie ist die Identifikation von Herausforderungen und Barrieren zum erfolgreichen, integrierten Einsatz von Planung und Entwicklung (Gausemeier et al., 2016). Unter den Befragten bescheinigen 89 % der Vernetzung von strategischer Planung und Produktentwicklung eine hohe Bedeutung und gehen weiter davon aus, dass diese noch zunimmt. Das Bewusstsein für den Bedarf an Vernetzung unter den Beteiligten sehen 60 % der Befragten. Aktuell bestätigen jedoch nur 51 % der Befragten eine gute Zusammenarbeit von strategischer Planung und Produktentwicklung. Ursache ist eine Vernachlässigung der Schnittstellen, weil eigenen Bereichen gegenüber Randbe-

reichen, die als Konsequenz vernachlässigt werden, eine höhere Wichtigkeit zugeordnet wird. Dies birgt eine Notwendigkeit für innovative Neuerungen. Um über Bereichsgrenzen hinweg effizienter kommunizieren und arbeiten zu können, ist eine gemeinsame Sprache vonnöten. 56 % der Befragten geben außerdem unklare Zuständigkeiten als Ursache fehlender Kooperation an. Informationen des Entwicklungsauftrages werden nach Aussage von 49 % der Befragten nicht abgestimmt. Oft existieren zusätzlich parallele Informationsstrukturen. Die Informationen der strategischen Planung werden nicht auf ihre Relevanz für die Produktentwicklung hin hinterfragt. Daraus folgen Ineffizienzen und Missverständnisse. Entwickler wissen häufig auf Fragen zum Produktprofil oder zum genauen Entwicklungsauftrag keine Antwort.

### **2.3.3.2 Verortung von Vorausschau in den Vorgehensmodellen der Produktentstehung**

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen soll in der folgenden Analyse dargelegt werden, wie Vorausschau aus einer prozessualen Perspektive im Produktentstehungsprozess verankert ist. Dazu werden die einschlägigen Vorgehensmodelle der Produktentstehung analysiert.

Die 2018 überarbeitete VDI 2221 definiert Produktentstehung „als Teil des Produktlebenszyklus und umfasst die Phasen der Produktplanung, der Produktentwicklung und der Produktionssystementwicklung und mündet meist in der Produktion von Gütern“ (VDI 2221, S. 3). Zur Unterstützung der Produktentstehung helfen Prozessmodelle dabei, Prozesse zu strukturieren. Die Prozessunterstützung erfolgt dazu auf zwei unterschiedlichen Ebenen. Auf der Managementebene unterstützen Prozessmodelle bei der Planung und Steuerung von Projekten. Auf der operativen Ebene dienen Prozessmodelle dazu, dem Entwickler Wissen über den Produktentstehungsprozess zugänglich zu machen. Die Literatur hält unterschiedliche Modelle auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen und Perspektiven zur Abbildung von Prozessen und Vorgehensweisen in der Produktentwicklung vor. Eine sehr ausführliche Analyse von Wynn und Clarkson (2005) zeigt unterschiedliche Arten von Prozessmodellen auf. Die neue VDI 2221 fasst deshalb in zusammenfassender Darstellung die existierenden Vorgehens- und Prozessmodelle zusammen (VDI 2221). In dieser Darstellungsform werden als Achsen der Formalisierungsgrad und der Detaillierungsgrad verwendet. Im Folgenden werden diejenigen Modelle vorgestellt, bei denen sich unmittelbar und mittelbar ein Bezug zur Vorausschau herstellen lässt.

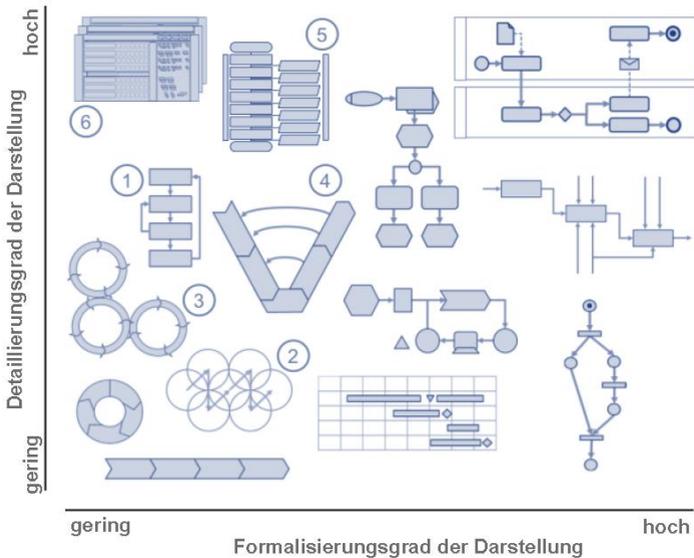


Abbildung 2.26: Vorgehensmodelle im Überblick (VDI 2221)

Pahl und Beitz (2003) entwickelten einen ersten Ansatz zur Modellierung der Produktentstehung anhand eines Phasenmodells (Nummer 1 in Abbildung 2.26). Bekannt ist dieses Phasenmodell vor allem aufgrund der sehr hohen Anwendungsorientierung. Lindemann (2009) greift diesen Ansatz in seinem Münchner Vorgehensmodell (MVM) (Nummer 2 in Abbildung 2.26) auf. Die Elemente sind dabei nicht in aufeinanderfolgende Phasen wie bei dem Phasenmodell nach Pahl und Beitz (2003) angeordnet, sondern können wie in Abbildung 2.26 gezeigt situationspezifisch und bedarfsgerecht eingesetzt werden.

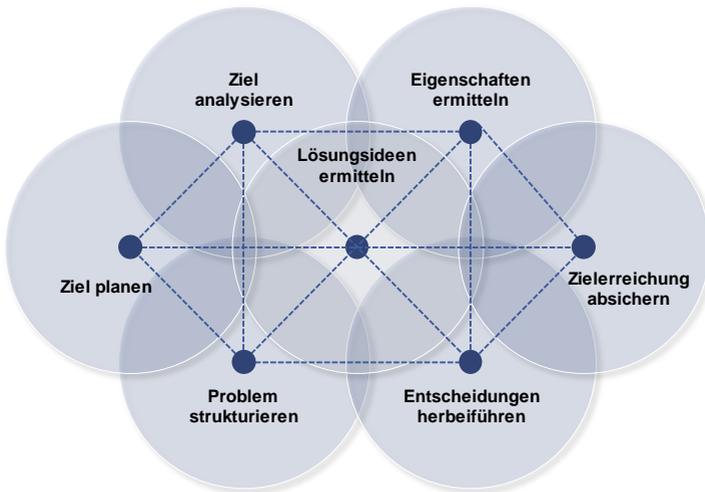


Abbildung 2.27: Münchener Vorgehensmodell (MVM) (Lindemann, 2009)

Durch die Vernetzung der Elemente ist die Planung konkreter Produktentwicklungsprozesse möglich. Die einzelnen Modellelemente sind hierbei sehr generisch gehalten, wodurch mittelbar die Vorausschau verortet werden kann. So kann Vorausschau unter anderem dabei unterstützen Lösungsideen zu ermitteln oder Entscheidungen herbeizuführen. Obgleich ist jedoch festzustellen, dass dieses Modell nicht zum Zweck der Vorausschau entwickelt wurde, sondern um durch die eher einfach gehaltene Darstellung in allgemein-kritischen Situationen zu unterstützen.

Das in Abbildung 2.28 dargestellte 3-Zyklen-Modell der Produktentstehung nach Gausemeier, Ebbesmeyer und Kallmeyer (2001) hat zum Ziel, die zur Produktentstehung relevanten Prozesse von der strategischen Produktplanung bis zum Serienanlauf integriert abzubilden (Nummer 3 in Abbildung 2.26).

Von der Geschäftsidee...

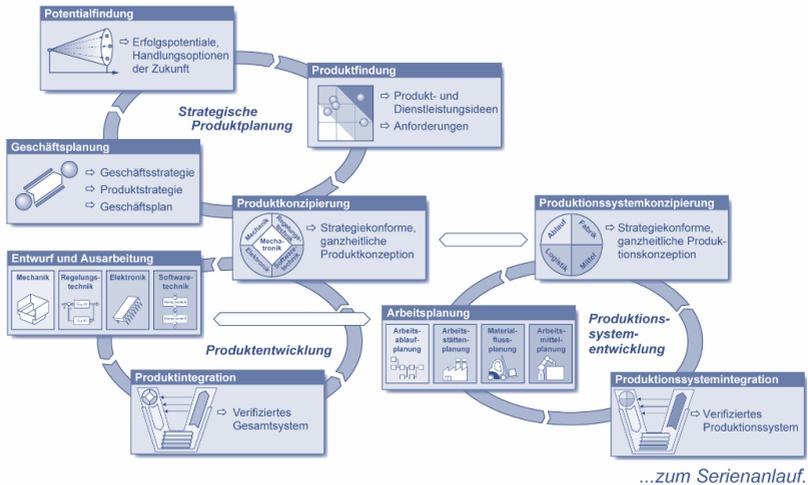


Abbildung 2.28: 3-Zyklus-Modell der Produktentstehung (Gausemeier et al., 2001)

Der erste Zyklus des Modells umfasst die strategische Produktplanung. In diesem Zyklus sind künftige Erfolgspotentiale aufzuzeigen und daraus Handlungsoptionen abzuleiten. Dieser Zyklus adressiert damit Vorausschau unmittelbar. Im zweiten Zyklus erfolgt die Produktkonzipierung, die Produktintegration und damit der Entwurf und die Ausarbeitung. Im dritten Zyklus erfolgt der Entwurf und die Ausarbeitung des Produktionssystems, die Produktionssystemintegration sowie die Konzipierung des Produktionssystems.

Das V-Modell der VDI-Richtlinie 2206 ist im Vergleich zu den zuvor vorgestellten Modellen deutlich formalisierter (Nummer 4 in Abbildung 2.26) (VDI 2206). Dabei ist der Entwicklungsprozess in die Phasen des Systementwurfs, des domänenspezifischen Entwurfs und der Systemintegration strukturiert. Wichtig beim Verständnis des V-Modells ist, dass dieses keine Zeitachse enthält. Es zeigt sich jedoch, dass von Unternehmen häufig eine Zeitachse in das V-Modell hineininterpretiert wird und durch ein bildliches Aufklappen erfolgt und dadurch ein linearer Produktentstehungsprozess abgebildet wird. Dies führt dazu, dass die Validierung der einzelnen Komponenten nicht kontinuierlich durchgeführt wird, sondern häufig erst zum Ende des Produktentstehungsprozesses forciert wird. Darüber hinaus bildet das V-Modell



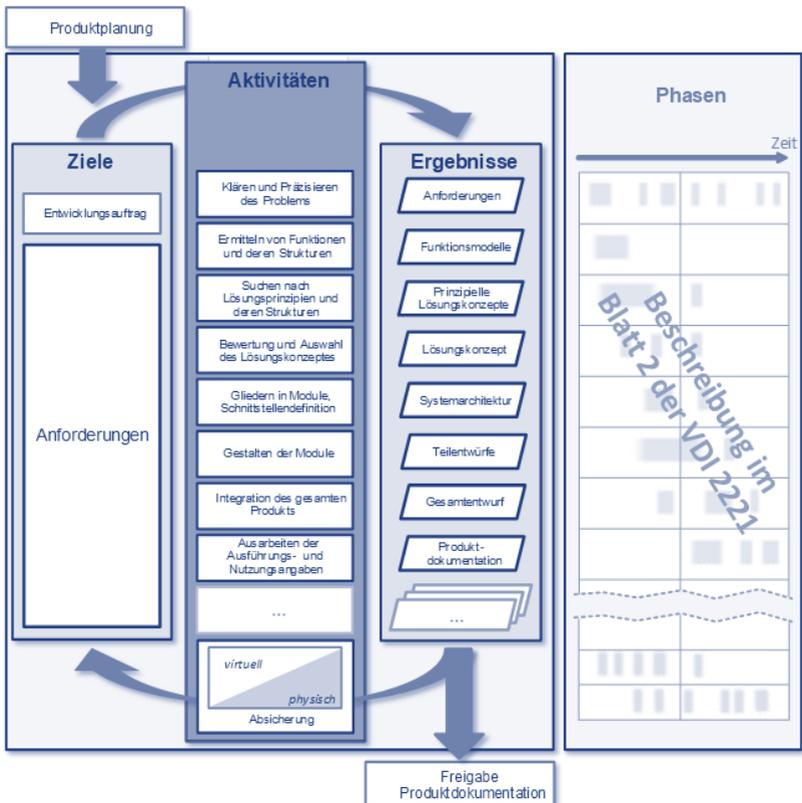


Abbildung 2.30: VDI-Richtlinie-2221 (Blatt 1) nach Überarbeitung (VDI 2221)

Das Verständnis von generischen Aktivitäten bildet die Grundlage für das iPcM – integrierte Produktentstehungsmodell nach Albers, Reiß, Bursac und Richter (2016) (Nummer 6 in Abbildung 2.26). Dieses integriert verschiedene Ansätze der Produktentstehung mit dem Ziel, jegliche Prozesse der Produktentstehung abbilden zu können (siehe Abbildung 2.31).

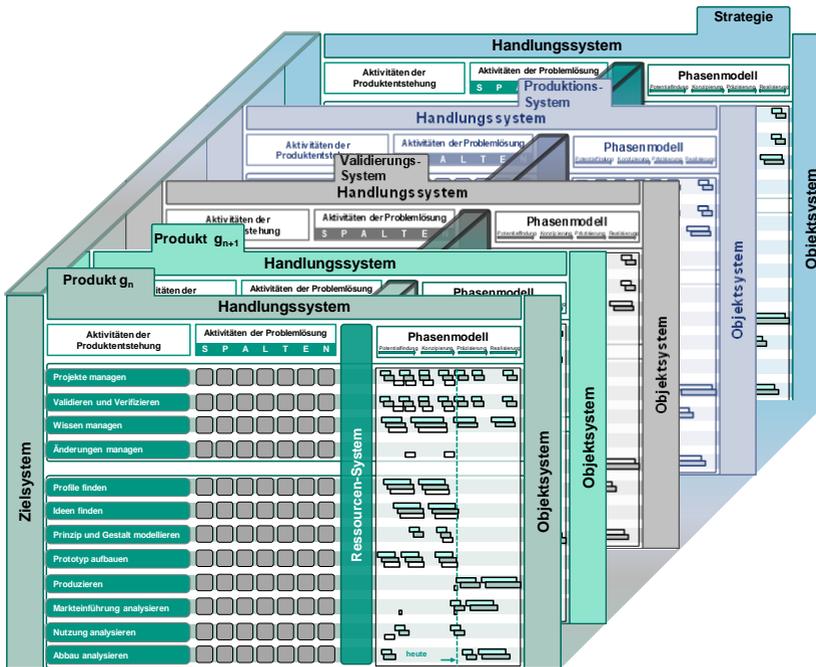


Abbildung 2.31: iPeM – Integriertes Produktentstehungsmodell im Kontext des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung (Albers, Reiß, et al., 2016)

Das Metamodell iPeM nach Albers beschreibt die Produktentstehung als die Überführung eines Zielsystems in ein Objektsystem mithilfe eines Handlungssystems basierend auf dem Verständnis nach Ropohl (1975). Das iPeM besteht aus einem statischen und dynamischen Teil. Der statische Teil wird durch die Verknüpfung der Aktivitäten der Produktentstehung und der Aktivitäten der Problemlösung gebildet. Die Aktivitäten der Problemlösung folgen dem Problemlösungsprozess SPALTEN nach Albers et al. (2005). SPALTEN ist ein Akronym für die Teilschritte des zugrundeliegenden Problemlösungsprozesses. Die folgende Abbildung 2.32 stellt den Problemlösungsprozess SPALTEN zusammenfassend dar.

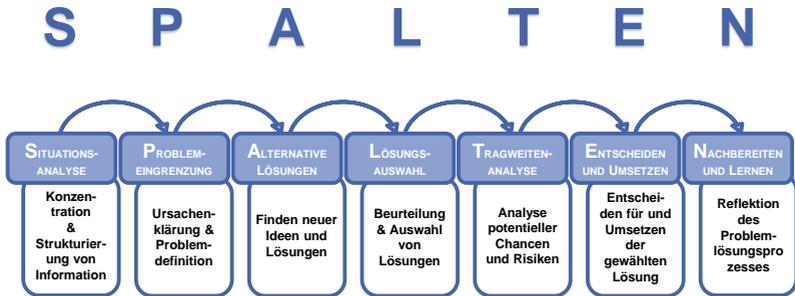


Abbildung 2.32: Problemlösungsprozess SPALTEN nach Albers et al. (2005)

Durch die Kombination der Aktivitäten der Problemlösung und der Aktivitäten der Produktentstehung können im dynamischen Teil des iPeM situations- und bedarfsgerechte Produktentstehungsprozesse modelliert werden. In diesem Produktentstehungsmodell ist das Modell der PGE anhand der verschiedenen Ebenen integriert (Albers, Reiß, et al., 2016). Dies ermöglicht die Abbildung parallel stattfindender Planungs- und Entwicklungsprozesse aufeinanderfolgender Produktgenerationen. Diese Modellierungsmöglichkeit ist für den Kontext dieser Arbeit besonders relevant, da zum einen die Vorausschauerkenntnisse für die einzelnen Produktgenerationen unterschiedlich gedeutet werden müssen und zum anderen dadurch eine generationsübergreifende Planung und Entwicklung mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen ermöglicht wird.

Insgesamt adressieren die gezeigten Vorgehens- und Prozessmodelle mittelbar, wo Vorausschau im Produktentstehungsprozess verortet werden kann, und geben die dazu relevanten Anhaltspunkte. Das einzige Modell, das Vorausschau unmittelbar adressiert, ist das 3-Zyklen-Modell der Produktentstehung nach Gausemeier et al. (2001). Eine Unterstützung auf Aktivitätenebene wird für den Produktentwickler nicht gegeben.

### 2.3.3.3 Vorausschau in den einzelnen Aktivitäten des Produktentstehungsprozesses

Meyer-Schwickerath, Siebe und Albers (2012) haben den Einsatz von Vorausschau in der Produktentstehung analysiert und erkannt, dass Vorausschau anhand von konkreten Aktivitäten im Produktentstehungsprozess verortet werden kann und diesem einen Mehrwert bietet. Die Analyse erfolgt dabei anhand der *Aktivitäten der Produktentstehung* des iPeM (Albers, Reiß, et al., 2016). Meyer-Schwickerath et al.

(2012) kommen zum Entschluss, dass Vorausschau vor allem bei den Aktivitäten *Profile finden* und *Ideen finden* unterstützend eingesetzt werden kann. Ebenso ist Vorausschau nach der Analyse der Autoren (Meyer-Schwickerath et al., 2012) sehr gut für die Aktivität *Verifizieren und Validieren* einsetzbar. Nach Lindemann (2009) ermöglicht der Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung, *zukunftsrobuste Produkte* zu generieren. Nach Siebe, Fink und Albers (2012) ist damit Vorausschau hauptsächlich zur Profilerstellung und Profilvalidierung geeignet. Dass Vorausschau sehr gut als kreativer Impulsgeber geeignet ist, zeigen Albers und Grunwald, et al. (2018). Die Autoren (Albers, Grunwald, et al., 2018) machen dazu anhand von Szenarien der Methodenanwendung deutlich, wie Vorausschau zum Ableiten von Forschungsimpulsen eingesetzt werden kann (Albers, Bursac, et al., 2017; Albers, Bursac, et al., 2018). Weitere Beispiele für den Einsatz von Szenarien als kreativer Impulsgeber zeigen unter anderem Eggink, Reinders und Meulen (2009) und Siebe et al. (2012).

Fink und Siebe (2016) führen in ihren Untersuchungen zum szenariobasierten Innovationsmanagement das 4-Quadranten-Modell ein, mit dem Ziel, anhand von Markt- und Leistungspotentialen zukünftige Geschäftsfelder zu identifizieren und zu bewerten. Als Marktpotentiale verstehen die Autoren (Fink & Siebe, 2016) dabei zukünftig relevante Kundenbedürfnisse. Leistungspotentiale sind die unternehmensinternen Möglichkeiten zur Realisierung dieser Marktleistungen. Vorausschau integrieren die Autoren (Fink & Siebe, 2016) dabei unter anderem als Mittel um zukünftig relevante Bedürfnisse sowie Technologien frühzeitig zu identifizieren. Zur Potentialfindung werden in diesem Modell externe Umfeldgrößen mit internen Gestaltungselementen verknüpft. Das Modell schlägt hingegen keine formalisierten Vorgehensweisen zur Identifikation dieser Bedürfnisse und Technologien vor. Folgende Abbildung stellt das 4-Quadranten-Modell dar.

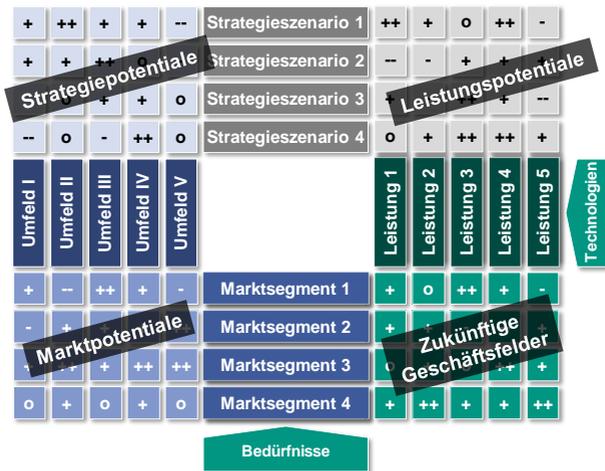


Abbildung 2.33: 4-Quadranten-Modell des szenariobasierten Innovationsmanagements (Fink & Siebe, 2016)

Vereinzelte Ansätze zum Einsatz von Vorausschau bei der Aktivität *Prinzip und Gestalt modellieren* existieren ebenfalls. Schuh, Lenders und Bender (2009) schlagen beispielsweise vor, die zu entwickelnden Funktionen anhand der Robustheit bezüglich der betrachteten Umfelder zu priorisieren und einzutakten. Deshalb sind zunächst Funktionen umzusetzen, die in allen betrachteten Umfeldern mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Beitrag zur Kundenzufriedenheit leisten. Dies basiert unter anderem auf dem Verständnis von *zukunftsrobusten Strategien* von Fink und Siebe (2011). Weiterhin nutzt Schiffer (2013) Vorausschau zur Ableitung zukunftsrobuster Produktarchitekturen. Schiffer (2013) beschreibt ein Gestaltungsmodell zur Entwicklung szenariorobuster Produktarchitekturen. Dazu stellt er ein Grobkonzept vor, welches die einzelnen Module der Methodik zur Entwicklung szenariorobuster Produktarchitekturen integriert. Das Grobkonzept besteht dabei aus drei Methodikschritten: Bewertung der Unsicherheiten von Kundenmerkmalen, Aufbau alternativer, szenariorobuster Produktarchitekturen sowie Auswahl der robustesten Produktarchitektur. Auf Basis dieser Vorarbeiten entwickeln Greve, Rennpferdt und Krause (2018) Methoden zur strategischen Produktprogrammplanung unter Berücksichtigung der varianteninduzierten Komplexität. Dabei entwickeln die Autoren eine

Systematik zur Definition modularer Produktfamilien unter der Berücksichtigung zukunftsrobuster Produkteigenschaften (Greve, Rennpferdt, Hartwich & Krause, 2020). Meyer-Schwickerath (2014) fasst diese Beispiele zum Einsatz von Vorausschau in der nachfolgenden Abbildung anhand des iPeM zusammen.

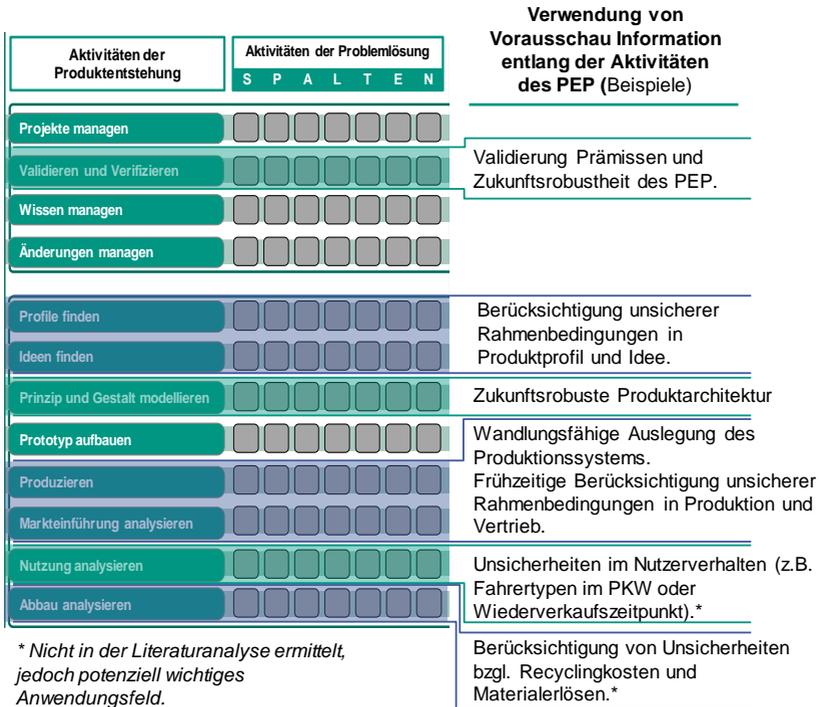


Abbildung 2.34: Beispiele für die Verwendung von Vorausschau-Informationen in den Aktivitäten der Produktentstehung (Meyer-Schwickerath, 2014)

### 2.3.4 Zwischenfazit

Der Einsatz von Vorausschau kann im Kontext des öffentlichen Sektors, im Kontext von Unternehmen und im Kontext des Produktentstehungsprozesses verstanden werden. Dazu lassen sich die Instrumente zur Vorausschau allgemein in Prognosen, Trends und Szenarien einteilen. In den existierenden Vorgehens- und Prozessmodellen der Produktentstehung kann Vorausschau mittelbar verortet werden. Eine unmittelbare Integration von Vorausschau stellen vor allem Gausemeier et al. (2001) im 3-Zyklen-Modell der Produktentstehung dar. Die Analysen von Meyer-Schwickerath (2014) zeigen außerdem, wie durch das integrierte Produktentstehungsmodell nach Albers und Reiß, et al. (2016) anhand der Aktivitäten der Produktentstehung der unterstützende Einsatz von Vorausschau für grundlegende Entwicklungsaktivitäten erfolgen kann. Siebe und Fink (2016) zeigen, dass Vorausschau vor allem bei den Aktivitäten *Produktprofile finden* sowie *Validieren und Verifizieren* einen Mehrwert bieten kann.

Die erfolgte Analyse zeigt insgesamt, dass zum einen der Mehrwert von Vorausschau für die gezeigten Aktivitäten klar erkennbar wird und zum anderen Schnittstellen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung ersichtlich werden. Es fehlt jedoch daran, den Produktentwickler auf einem höheren Detaillierungsgrad beim konkreten Einsatz von Vorausschau für spezifische Produktentwicklungsprojekte zu unterstützen. Weiterhin weisen Studien den Einsatz von Vorausschau in Unternehmen nach und stellen die Bedeutung und den Mehrwert vor allem in der Frühen Phase heraus. Gleichzeitig ist jedoch der Durchdringungsgrad von Methoden von Vorausschau gerade im Kontext der Produktentstehung eher als gering einzuschätzen.

## 2.4 Systematische Literaturanalyse zur Konkretisierung der Wechselwirkungen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung

In diesem Kapitel werden die in den vorherigen Kapiteln gewonnenen Erkenntnisse zusammengeführt. Diese zusammenfassende Betrachtung dient dem Zweck, die Wechselwirkungen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung weiter zu konkretisieren und dabei Zusammenhänge, mit denen auf erste Erfolgsfaktoren zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung geschlossen werden kann, zu identifizieren. Zur Abbildung der bei dieser Analyse identifizierten Wechselwirkungen wird auf die Logik und Modellierungssprache des RM – Reference Model

(deutsch Referenzmodell) nach Blessing und Chakrabarti (2009) zurückgegriffen und für den hier vorliegenden Modellierungszweck adaptiert. Diese Modellierung wird gegenüber einer reinen textuellen Reproduktion der in der Literatur beschriebenen Zusammenhänge bevorzugt, da auf diese Weise mehrdimensionale Zusammenhänge abgebildet werden können.

Dabei ist darauf hinzuweisen, dass nur die dem Autor relevant erscheinenden Zusammenhänge abgebildet werden. Eine gesamthafte Reproduzierbarkeit des abgeleiteten Modells kann nicht gewährleistet werden, da dieses schrittweise evolutionär und iterativ entwickelt wird.

Die nachfolgende Abbildung 2.35 veranschaulicht die Logik des RM. Dabei sind aus der Literatur identifizierte Aussagen (Knoten) miteinander durch Pfeile (Kanten) verknüpft. Die Pfeilrichtung gibt dabei an, in welche Richtung die Beeinflussung wirkt. Die Herkunft der identifizierten Beziehung wird immer durch die entsprechende Literaturquelle über dem Pfeil dargestellt. Die Art der Beeinflussung wird dabei durch Vorzeichen abgebildet. Die Beeinflussung kann positiv (+), negativ (-) sowie neutral (0) sein. Neutral bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das alleinige Vorhandensein des Faktors ausreicht, um zu einer Beeinflussung eines anderen Faktors führen zu können.

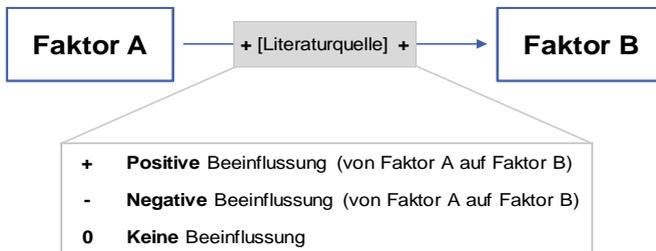


Abbildung 2.35: Logik des Referenzmodells im Kontext dieser Arbeit nach Blessing und Chakrabarti (2009)

### 2.4.1 Ergebnisse der Wechselwirkungsanalyse

Auf Basis der identifizierten Literaturquellen (zur vollständigen Übersicht aller identifizierten Literaturquellen sei auf Anhang A verwiesen) werden schrittweise Wechselwirkungen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung dargestellt. Aufgrund des Umfangs kann nicht jeder identifizierte Zusammenhang vorgestellt werden.

Wiederkehrende Begriffe werden in gleicher Farbe modelliert. Die gewählte Farbgebung ist in Abbildung 2.36 dargestellt. Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen einer betreuten Masterarbeit (Kühfuss, 2018) erarbeitet. Auf weitere Einzelverweise zu dieser Masterarbeit wird daher in diesem Kapitel verzichtet.

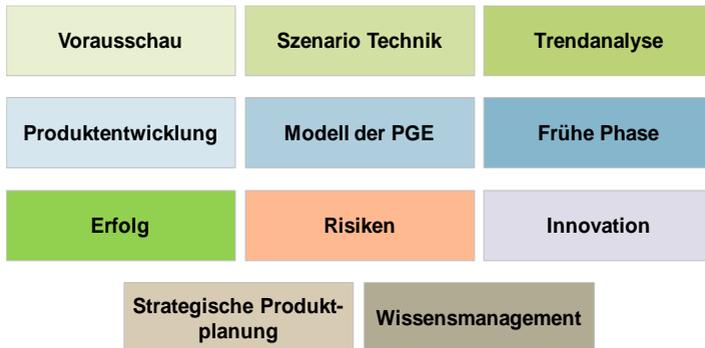


Abbildung 2.36: Farbschema des Referenzmodells (Kühfuss, 2018)<sup>1</sup>

Zur Vermittlung des Umfangs des Modells sowie dessen Komplexität, wird dieses gesamthaft in nachfolgender Abbildung dargestellt. Nachfolgend werden ausgewählte, für diese Arbeit als besonders relevant erachtete Ausschnitte vorgestellt.

---

<sup>1</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

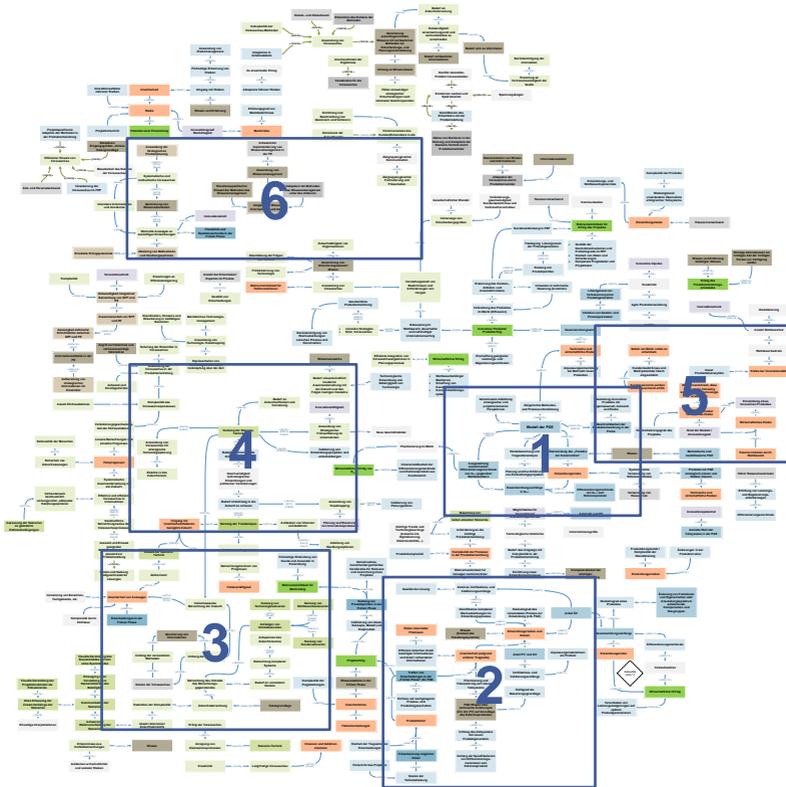


Abbildung 2.37: Einordnung der einzelnen Ausschnitte im Gesamtmodell (schematische Darstellung) (Kühfuss, 2018)<sup>2</sup>

Ausschnitt 1, Abbildung 2.38, stellt den Zusammenhang zwischen den Entwicklungschancen und -risiken sowie dem Modell der PGE her.

---

<sup>2</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

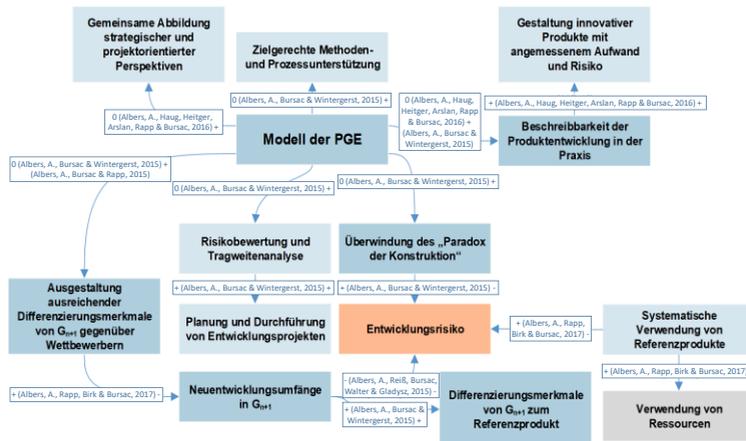


Abbildung 2.38: Ausschnitt 1 – Fokus auf das Modell der PGE –Produktgenerationsentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>3</sup>

Besonders deutlich wird in diesem Ausschnitt die Relevanz des Modells der PGE -Produktgenerationsentwicklung. So kann durch die Aktivitäten Prinzip-, Gestalt-, und Übernahmevariation eine bewusste Risikobewertung und somit auch Chancenbewertung in der Tragweitenanalyse ermöglicht werden. Auf Basis dessen können Entwicklungsaktivitäten zielgerichtet geplant und durchgeführt werden (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015). Zudem kann durch den bewussten und systematischen Rückgriff auf Referenzen, ein bewusster Umgang mit Chancen und Risiken ermöglicht und der notwendige Ressourceneinsatz verringert werden (Albers, Rapp, et al., 2017). In diesem Kontext ist besonders das Paradoxon der Konstruktion relevant (Grabowski, 1997). Dieses bringt zum Ausdruck, dass zu einem frühen Zeitpunkt Entscheidungen unter Unsicherheit getroffen werden müssen. Das Modell der PGE stellt einen Lösungsansatz dar, um dieses Paradoxon zu überwinden, beziehungsweise um zumindest die mit einer Entwicklung verbundenen Chancen und Risiken bewusst zu machen (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015). In diesem Ausschnitt wird außerdem der Zusammenhang von bewusstem Denken in Generationen und Referenzen mit dem Entwicklungsaufwand sowie der Wettbewerbsdifferenzierung deut-

<sup>3</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

lich. Durch das Modell der PGE kann eine zur Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb notwendige Menge an Merkmalen identifiziert werden und hinsichtlich des damit einhergehenden Neuentwicklungsanteils bewertet werden. Damit ist eine Aufwand-Nutzenabschätzung zwischen dem Entwicklungsaufwand sowie dem damit generierten Wettbewerbsvorteil möglich (Albers, Rapp, et al., 2017).

Im zweiten Ausschnitt, Abbildung 2.39, werden die Variationsanteile weiter betrachtet und die Zusammenhänge zwischen der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung, den Chancen und Risiken sowie dem Wissensmanagement beleuchtet.

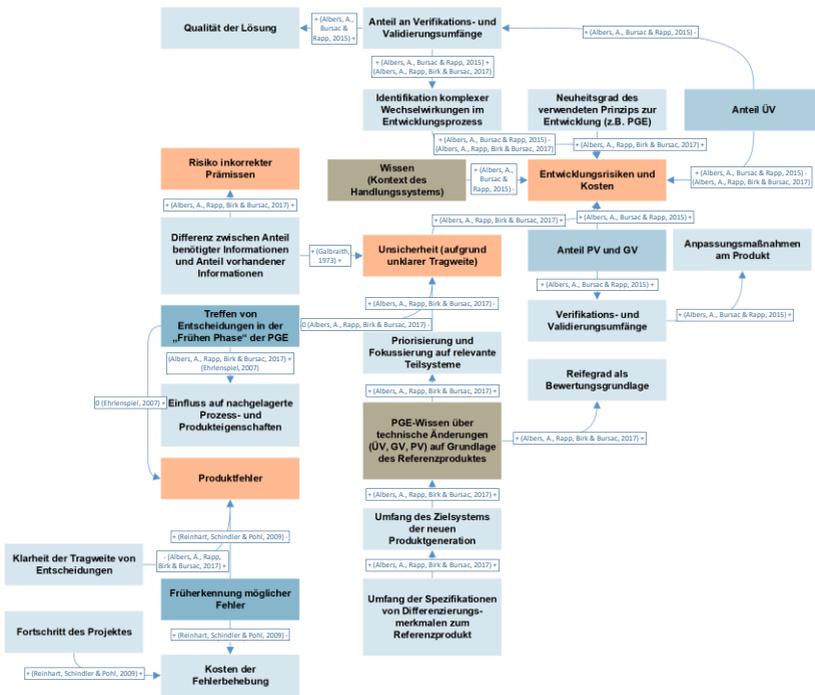


Abbildung 2.39: Ausschnitt 2 – Variationsanteile in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Die Diskrepanz zwischen den zur Entscheidung notwendigen Informationen sowie den zur Verfügung stehenden Informationen kann nach Galbraith (1974) als Unsicherheit verstanden werden, wobei mit steigender Diskrepanz das Risiko von Fehlentscheidungen steigt. Durch die Konkretisierung von Differenzierungsmerkmalen wird das Zielsystem kontinuierlich erweitert und durch für zukünftige Entscheidungen relevante Informationen angereichert. Dadurch wird das Wissen um Auswirkungen von Variationen erhöht und Unsicherheit reduziert (Albers, Bursac & Rapp, 2015). Der Neuheitsgrad eines Prinzips hat einen erheblichen Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Risiken bei der Prinzipvariation. So führt ein hoher Anteil an Übernahmevariationen zur Senkung von Risiken und damit geringeren Aufwänden für Verifikations- und Validierungsumfänge (Albers, Haug, et al.). Übernahmevariationen führen jedoch meist zu geringeren Differenzierungsmöglichkeiten als Prinzipvariation. Der Anteil an Variationsarten muss daher auf Basis einer Chancen- und Risikoanalyse der einzelnen Variationen entsprechend geplant werden. Der dritte Ausschnitt, Abbildung 2.40, liefert Aussagen über Zusammenhänge zwischen Vorausschau und Unsicherheiten.

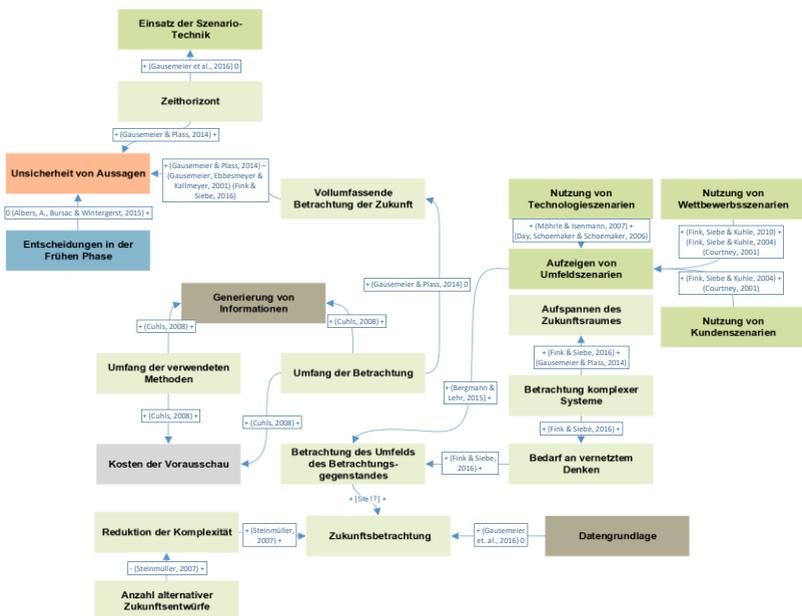


Abbildung 2.40: Ausschnitt 3 – Vorausschau und Unsicherheiten (Küffuss, 2018)<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Je größer der Zeithorizont der durchzuführenden Produktplanung, desto größer ist auch der Grad an Unsicherheit (Gausemeier & Plass, 2014). Diese Unsicherheit kann durch eine umfassende Betrachtung der Zukunft, wie beispielsweise eine hohe Anzahl verwendeter Methoden oder eine große Verschiedenheit eingesetzter Datenquellen, reduziert werden (Fink & Siebe, 2016; Gausemeier et al., 2001; Gausemeier & Plass, 2014). Folglich entstehen durch eine umfassendere Betrachtung der Zukunft mehr Informationen. Gleichzeitig gehen damit jedoch auch steigende Aufwände einher (Cuhls, 2008). Durch zunehmend vernetzte Systeme wird eine Umfeldbetrachtung über Sektoren hinweg aus unterschiedlichen Blickrichtungen immer relevanter (Bergmann & Lehr, 2015; Fink & Siebe, 2016). Der Einsatz unterschiedlicher Arten von Szenarien, wie Technologie-, Kunden- und Wettbewerbsszenarien kann eine umfassendere Betrachtung des Zukunftsraums ermöglichen (Courtney, 2001; Day, Schoemaker & Schoemaker, 2006; Fink, Siebe & Kuhle, 2004; Fink, Siebe & Kuhle, 2010; Möhrle & Isenmann, 2017). Außerdem wird die Zukunftsbeurteilung durch eine verbesserte Datengrundlage sowie einer Reduktion der Komplexität der Vorausschau verbessert (Gausemeier et al., 2016; Steinmüller, 2007).

Der folgende Ausschnitt, Abbildung 2.41, befasst sich mit Szenarien sowie der Szenariotechnik im Speziellen.

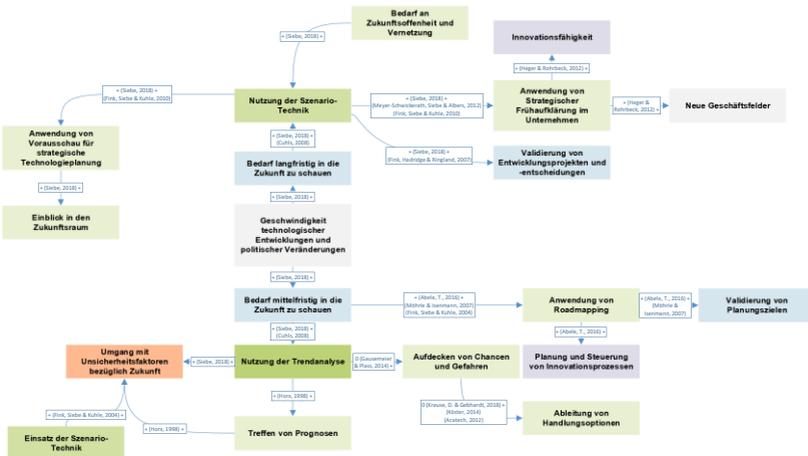


Abbildung 2.41: Ausschnitt 4 – Szenarien (Kühfuss, 2018)<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Der zunehmende Einsatz der Szenariotechnik in der Entwicklung führt auch zu einem erhöhten Einsatz von strategischer Frühaufklärung. Diese kann zu einer Erhöhung der Innovationsfähigkeit beitragen und die Erschließung neuer Geschäftsfelder ermöglichen. Darüber hinaus unterstützt die Szenariotechnik bei der Validierung von Entwicklungsprojekten sowie bei der Entscheidungsfindung und nimmt sich der wachsenden Nachfrage aus der Produktentwicklung nach einer Langzeitvorausschau an (Albers et al., 2013; Cuhls, 2008; Fink, Hadridge & Ringland, 2007; Fink et al., 2010; Heger & Rohrbeck, 2012; Siebe, 2018). Der Bedarf einer Langzeitvorausschau liegt im erhöhten Tempo technologischer und politischer Neuerungen begründet. Aus diesen ergibt sich die Notwendigkeit einer mittelfristigen Vorausschau, welche bereits durch die Trendanalyse oder die Verwendung von Roadmaps exemplarisch realisiert wird. Auf diese Weise ist es möglich, Innovationsprozesse zu planen und zu lenken sowie Chancen und Risiken offen zu legen und so Handlungsmöglichkeiten zu erarbeiten. Ziel dieser Methoden ist es, den Umgang mit Unsicherheitsfaktoren hinsichtlich der Zukunft zu verbessern (T. Abele, 2016; acatech, 2012; Cuhls, 2008; Gausemeier & Plass, 2014; Köster, 2014; D. Krause & Gebhardt, 2018; Möhrle & Isenmann, 2017; Siebe, 2018).

Die folgende Abbildung stellt den fünften Ausschnitt, der sich mit Chancen und Risiken in Speziellen befasst, dar.

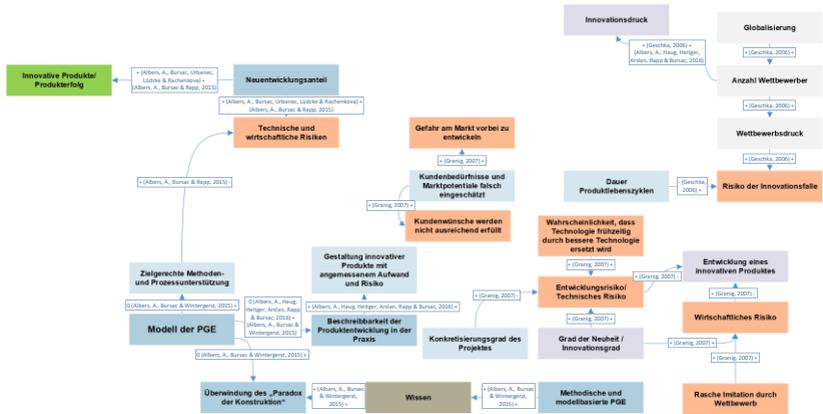


Abbildung 2.42: Ausschnitt 5 – Chancen und Risiken in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Die Eintrittswahrscheinlichkeit technischer und wirtschaftlicher Chancen und Risiken steigt mit einem großen Neuentwicklungsanteil (Walter, Albers, Haupt & Bursac, 2016). Gemindert werden können diese Risiken aber durch Anpassungsentwicklungen an den neuen Produkten (Feldhusen & Grote, 2013; Gausemeier, Grafe & Meyer auf der Heide, Friedhelm, 2015). Durch eine Fehleinschätzung der Kundenbedürfnisse und Marktpotentiale steigt das Risiko, ein Produkt zu entwickeln, welches sich nicht am Markt durchsetzen wird (Granig, 2007). Der wirtschaftliche Erfolg des Produktes ist somit erheblich in Gefahr.

Ein kürzerer Produktlebenszyklus erhöht das Risiko ein falsches Produkt zu entwickeln (Geschka, 2006). Eine wachsende Anzahl von Wettbewerbern verschärft den Innovationsdruck weiter (Albers, Haug, et al., 2016).

Sowohl wirtschaftliche als auch entwicklungsseitige Risiken werden durch den wachsenden Neuheitsgrad von Entwicklungen oder Teilsystemen verstärkt. Es existieren auch erhöhte Risiken aufgrund der Wahrscheinlichkeit, dass eine Technologie im frühen Stadium des Produktlebenszyklus durch eine überlegene Technologie (von einem Wettbewerber) abgelöst wird. Erhöhte Risikofaktoren behindern die Entwicklung innovativer Produkte. Wirtschaftliche Risiken entstehen hingegen durch eine frühe Nachahmung von Produkten durch Wettbewerber. Dem Entgegenwirken können Innovationen und eigene Differenzierungsmerkmale, allerdings sind die Konsequenzen hiervon erhöhte Risiken (Granig, 2007).

Die nachstehende Grafik stellt den sechsten Abschnitt dar und verdeutlicht beispielhaft, dass die einzelnen Bereiche ineinander verschmelzen und eine gemeinsame Betrachtung notwendig machen. Die Vorausschau zeigt Wirkzusammenhänge unter anderem mit der Produktentwicklung und dem Wissensmanagement auf. Die Akzeptanz korreliert neben anderen Bereichen auch mit der Qualität der Wissensselemente und der Kommunikation sowie der Ressourcen. Inmitten davon existieren stets Risiken, Unsicherheiten und die strategische Produktplanung als Verbindungspunkte. Für die vorliegende Arbeit und insbesondere für die Realisierung eines Ansatzes für die Integration der Vorausschau in die Produktgenerationsentwicklung ist es notwendig, alle genannten Bereiche miteinzubeziehen.

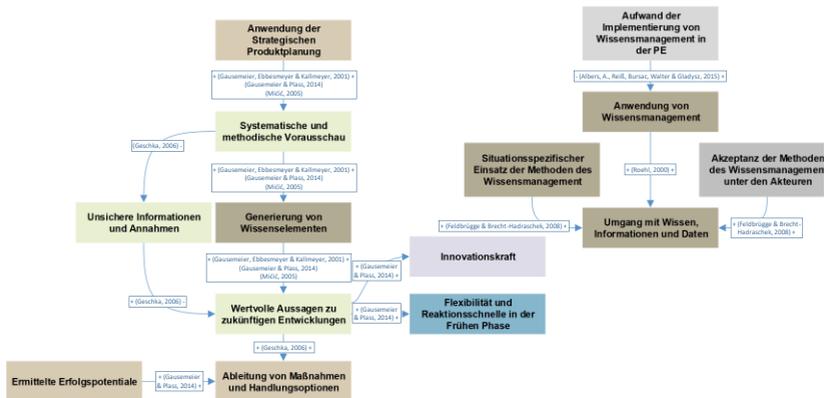


Abbildung 2.43: Ausschnitt 6 – Akzeptanz-, Wissensmanagement und Vorausschau (Kühfuss, 2018)<sup>8</sup>

## 2.4.2 Zwischenfazit

Im zuvor gezeigten Referenzmodell sind sowohl die Vernetzungen als auch die Wirkzusammenhänge aus Produktentwicklung, Vorausschau und anderer Gebiete dargestellt. Anhand der unterschiedlichen Zusammensetzungen der Farben werden die gegenseitigen Interaktionen und die verschiedenen Abhängigkeiten der jeweiligen Bereiche deutlich. Deutlich erkennbar ist dabei das stets wiederkehrende und komplexe Zusammenspiel von Vorausschau und Produktentwicklung mit diversen Risikofaktoren technischer, wirtschaftlicher und sozialer Herkunft.

Die Vorausschau kann als Informationsquelle und Wegbereiter für die Produktentwicklung herangezogen werden. Ob eine Innovation wirtschaftlich erfolgreich ist, hängt maßgeblich davon ab, wie mit den Chancen und Risiken umgegangen wird. Durch eine ganzheitliche Betrachtung der Vorausschau ist es möglich, mit Risikofaktoren besser umzugehen und auf diese Weise Orientierungswissen zu vermitteln

<sup>8</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

(Hirt et al., 2016; Siebe, 2018). Mithilfe der Vorausschau können so letztlich Fehlinvestitionen verringert werden (Siebe, 2018). Des Weiteren trägt sie dazu bei, zukünftige Erfolgspotentiale im Vorfeld zu erkennen (Gausemeier & Plass, 2014).

Entscheidende Erfolgsfaktoren in der Entwicklung sind zum einen die Bedürfnisse des Kunden und zum anderen die Befriedigung dieser. Durch das Denken in Produktprofilen können diese Erfolgsfaktoren schon in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung berücksichtigt werden. Um bereits in dieser Phase zuverlässige Aussagen treffen zu können, ist fundiertes Wissen der Entwickler notwendig (Albers, Haug, et al., 2016). Methoden der Vorausschau können an diesem Punkt zur Generierung von zukunftsorientiertem Wissen sowie zur Erweiterung der Wissensbasis beitragen (Lauster, 2015). Dies hilft bei der Entscheidungsfindung und Folgenabschätzung, die aufgrund unsicherer Tragweite durch die Diskrepanz zwischen erforderlichen und verfügbaren Informationen beeinflusst sind (Galbraith, 1974). Zu diesem Zweck muss die Datenbasis der Eingangsgrößen und die Qualität der Daten, die aus der Vorausschau hervorgehen, eine sehr hohe Güte besitzen. Diese eben genannten Faktoren stehen in starkem Zusammenhang mit der Akzeptanz und dem Vertrauen der Produktentwickler in die Methodik. Zur Schaffung einer guten Vertrauensbasis mit der Zukunftswelt sowie mit dem Prozess der Bildung von Zukunftsszenarien ist es wichtig, die Ergebnisse der Vorausschau zielgruppengerecht aufzubereiten, zu formulieren und diese entsprechend zu präsentieren (Siebe, 2018). Es existiert eine starke Wechselwirkung zwischen der Einbeziehung aller Beteiligten und des Kunden in den Vorausschauprozess, inklusive der Anwendung und Akzeptanz der Methodik der Produktentwicklung. Zum einen fördert ein hoher Anteil an Gestalt- und Prinzipvariation, also ein hoher Neuheitsgrad, die Entstehung innovativer Produkte, bringt aber, wie eingangs dargelegt, auch erhöhte Risiken mit sich (Albers, Bursac, et al.; Albers, Bursac & Rapp, 2015).

Durch ein höheres Maß an Verifikations- und Validierungsaktivitäten können komplexe Wirkzusammenhänge während der Entwicklung identifiziert und die Produktqualität verbessert werden, wodurch mögliche Entwicklungsrisiken vermindert werden können (Albers, Bursac & Rapp, 2015). Zur Durchführung einer ausreichenden Validierung bedarf es zuverlässiger Informationen. Auch mögliche Zukunftsszenarien der Vorausschau können bei der Validierung des Produktes behilflich sein. Die Zuverlässigkeit der Informationen wird durch eine Vielzahl von Faktoren, wie der Datengrundlage, den involvierten Personen und dem Aufwand beim Einsatz von Methoden beeinflusst. Im vorliegenden Fall wurden nur die Wirkzusammenhänge behandelt, die von besonderer Relevanz sind. Eine ganzheitliche Beschreibung aller Wirkzusammenhänge liefert das RM. Aus dem RM ist klar zu erkennen, dass Chancen und Risiken ausschlaggebende Verbindungspunkte sind und dass jederzeit ein Zusammenhang zwischen Innovationsmanagement, Ressourcennutzung,

Wissensmanagement sowie kulturbestimmten Faktoren wie Akzeptanz eine entscheidende Rolle spielt. Die identifizierten Verbindungspunkte und Zusammenhänge dienen als Grundlage zur Konkretisierung der Zielsetzung dieser Forschungsarbeit.



## **3 Zielsetzung und Vorgehensweise**

In Kapitel 3 wird die Zielsetzung der Arbeit formuliert und anschließend werden die angewandten Forschungsmethoden vorgestellt.

### **3.1 Zielsetzung**

Zur Zielsetzung der Arbeit wird der Forschungsbedarf erläutert. Dazu werden die zugrunde gelegten Forschungsprämissen und Forschungshypothesen vorgestellt sowie die zu beantwortenden Forschungsfragen abgeleitet.

#### **3.1.1 Forschungsbedarf**

Wie im Stand der Forschung in Kapitel 2.3.3 gezeigt, findet Vorausschau in Unternehmen in unterschiedlichen Bereichen Anwendung (Tyssen, 2012). Außerdem stellen die gezeigten Studien einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Chance auf Innovation und dem Einsatz von Vorausschau her (Burmeister & Schulz-Montag, 2009). Die zunehmende Relevanz von Vorausschau in der Produktentwicklung motivieren Albers und Gausemeier (2012) dadurch, dass die Transformation der fachdisziplinorientierten Produktentwicklung zur vorausschauenden und systemorientierten Produktentstehung die Wahrscheinlichkeit von Innovationserfolg deutlich erhöht werden kann. Durch die Anwendung von Methoden der Vorausschau in der Produktentwicklung wird damit das Ziel verfolgt, die an Produkte gestellten Anforderungen von morgen zu antizipieren sowie eine Validierung von angestrebten Produktmerkmalen möglichst früh zu ermöglichen. Entscheidend für den Produkterfolg ist es damit, frühzeitig die zukünftig relevanten Kundenbedürfnisse sowie die Geschwindigkeit von Technologieentwicklungen zu antizipieren, um die Differenzierungsmerkmale gegenüber dem Wettbewerb in den einzelnen Produktgenerationen vorplanen zu können (Albers, Dumitrescu, et al., 2018). Dazu finden unterschiedliche Methoden des Zukunftsmanagements Einsatz (Fink & Siebe, 2016). Zur Planung von Produktgenerationen mit langfristigem Zeithorizont werden insbesondere Zukunftsszenarien genutzt (Fink et al., 2001).

Es existieren eine Reihe von Vorgehensweisen und Methoden zur Vorausschau, die in sich funktionierende, geschlossene und anerkannte Konzepte darstellen (Gausemeier & Plass, 2014). Diese Forschungsarbeit hat deshalb nicht zum Ziel, grundlegend neue Konzepte zur Szenarioentwicklung, Trendanalyse oder Prognosenentwicklung bereitzustellen. Es fehlt jedoch an einem strukturierten Prozess und Methoden, um den Produktentwickler, als kreativer Mittelpunkt der Produktentwicklung, dazu zu befähigen, die durch die Szenarien generierten Erkenntnisse in konkrete Entwicklungsumfänge über mehrere aufeinanderfolgende Generationen hinweg zu überführen und zu priorisieren (Albers, Dumitrescu, et al., 2018). Die nachfolgende Zielsetzung wird deshalb abgeleitet.

### **Ziel der Arbeit**

*Ziel der Forschungsarbeit ist die Entwicklung einer Systematik zur Befähigung des Produktentwicklers zur Identifikation von Produktprofilen mit hohem Innovationspotential sowie zur generationsübergreifenden Planung von Entwicklungsumfängen bei der initialen Zielsystembildung durch den gezielten Einsatz von Methoden der Vorausschau in der Produktentwicklung.*

### **3.1.2 Forschungsprämissen**

Dieser Zielsetzung liegen Forschungsprämissen zugrunde. Dies sind zentrale, domänenspezifische Feststellungen, auf denen die folgenden Untersuchungen aufbauen und als nicht veränderbare Randbedingungen angenommen werden. Diese werden im Folgenden vorgestellt.

#### **Forschungsprämissen 1**

*Methoden der Vorausschau sind (gruppen-) subjektiv. Die Zusammensetzung des Problemlösungsteams hat damit einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis.*

## Forschungsprämisse 2

*Die einzelnen Methoden, Systematiken und Hilfsmittel zur Vorausschau sind in sich funktionierende und anerkannte Konzepte.*

### 3.1.3 Forschungshypothese

Auf Basis der Forschungsprämissen wird die Forschungshypothese formuliert, die durch dieses Forschungsvorhaben verifiziert beziehungsweise falsifiziert werden soll.

#### Zentrale Forschungshypothese dieser Arbeit<sup>1</sup>

*Durch eine systematische Integration der Methoden der Vorausschau in den Produktentwicklungsprozess können Produktprofile und -ideen mit einem höheren Inventionpotential und einer höheren Zukunftsrobustheit gegenüber der betrachteten Umfeldern generiert werden, als durch den bisher häufig unstrukturierten Einsatz von Methoden der Vorausschau in der Produktentwicklung.*

### 3.1.4 Forschungsfragen

Aufbauend auf dem vorgestellten Forschungsbedarf und der definierten Hypothese werden die im Folgenden formulierten Forschungsfragen zur Strukturierung des Forschungsvorhabens abgeleitet:

1. Welches Zielsystem wird an eine Systematik, die den Einsatz von Vorausschau zur Entwicklung mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen mit strategischem Zeithorizont ermöglicht, gestellt?

---

<sup>1</sup> Die Begriffe des Inventionpotentials und der Zukunftsrobustheit werden in Kapitel 5.2.5 und 5.2.6 hergeleitet und definiert sowie im Kontext des Innovationspotentials diskutiert.

2. Welche Systematik ist notwendig, um eine Entwicklung über mehrere aufeinanderfolgende Produktgenerationen mit strategischem Zeithorizont durch Vorausschau zu ermöglichen?
3. Welchen Beitrag kann die entwickelte Systematik leisten, um die aus der Vorausschau gewonnenen Erkenntnisse zum Generieren und Validieren von Produktprofilen und -ideen mit hoher Zukunftsrobustheit und hohem Inventionspotential zu nutzen?

## 3.2 Vorgehensweise

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird ein *Design Support* für die Befähigung des Produktentwicklers zum Einsatz von Vorausschau entwickelt. Nach Blessing und Chakrabarti (2009) umfasst Design Support alle Mittel, Hilfen und Maßnahmen, die zur Verbesserung des Entwicklungsprozesses eingesetzt werden können. Dies beinhaltet Strategien, Methoden, Verfahren, Techniken, Softwaretools, Richtlinien, Informationsquellen und mehr. Die Unterstützung kann dabei ein vielfältiges Spektrum abdecken: Checklisten zur Identifikation von Anforderungen, Software zur Spannungsberechnung, Zeichenhilfen, Richtlinien für die Ausführungsplanung, Tools zur Produktlebenszyklusbewertung, Projektmanagement-Tools, Verfahren zur Einführung von Methoden, Pläne für neue Organisationsstrukturen, Normen und Vorschriften (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Zur Strukturierung von Forschungsarbeiten, die das Ziel verfolgen, einen Design Support zu entwickeln, existieren verteilt über die verschiedenen Disziplinen eine Reihe von anerkannten Ansätzen. Zur Planung und Einordnung von Forschungsarbeiten mit einem eher technikorientierten Fokus haben sich die beiden Ansätze der Spiral of Applied Research (Eckert, Clarkson & Stacey, 2003) sowie der DRM – Design Research Methodology (Blessing & Chakrabarti, 2009) etabliert. Diese beiden Ansätze werden im Folgenden zur methodischen Einordnung dieser Forschungsarbeit genauer beleuchtet. Beide Ansätze haben unter anderem gemein, dass diese einen iterativen Charakter aufweisen und Analyse- und Syntheseaktivitäten beinhalten. Ein wichtiger Unterschied dieser beiden Ansätze ist der unterschiedliche Zeithorizont, beziehungsweise der Umfang der Forschungsvorhaben für den sich diese eignen. Während der Ansatz der Spiral of Applied Research sich eher für Forschungsvorhaben mit einem langfristigen Zeithorizont aus mehreren Teilprojekten eignet, wird die DRM als generisches Rahmenwerk für vorwiegend konkrete Forschungsvorhaben herangezogen. Da beide Ansätze Potentiale für das Forschungsvorhaben besitzen, finden beide Ansätze Anwendung. Diese werden,

neben den angewandten empirischen Methoden, im Folgenden diskutiert. Die Vorstellung des jeweiligen Studiendesigns sowie der Untersuchungsumgebung der einzelnen Fallstudien werden aufgrund der sehr unterschiedlichen Charakteristika der Fallstudien jeweils separat zu Beginn der Fallstudien erläutert.

### 3.2.1 Forschungsmethode

Zunächst wird der Fokus der Arbeit entlang der Spiral of Applied Research eingeordnet. Anschließend werden die Forschungsstadien dieser Arbeit anhand der DRM erläutert.

#### Spiral of Applied Research

Die Spiral of Applied Research setzt sich aus insgesamt acht Stufen zusammen, wobei davon vier Stufen Analyseaktivitäten und vier Stufen Syntheseaktivitäten beinhalten. Der iterative Charakter wird durch die wechselnden Analyse- und Syntheseaktivitäten deutlich. Da die Spiral of Applied Research langfristige Forschungsaktivitäten (zum Beispiel für Sonderforschungsbereiche oder Graduiertenkollege) adressiert, deren zeitlicher Umfang dieses Forschungsvorhaben übersteigt, wird diese nicht umfassend durchlaufen. Durch die Adaption der Spiral of Applied Research für das hier vorliegende Forschungsvorhaben, ergibt sich das in Abbildung 3.1 vorgestellte Vorgehen entlang der Kapitel dieser Arbeit (Eckert et al., 2003).

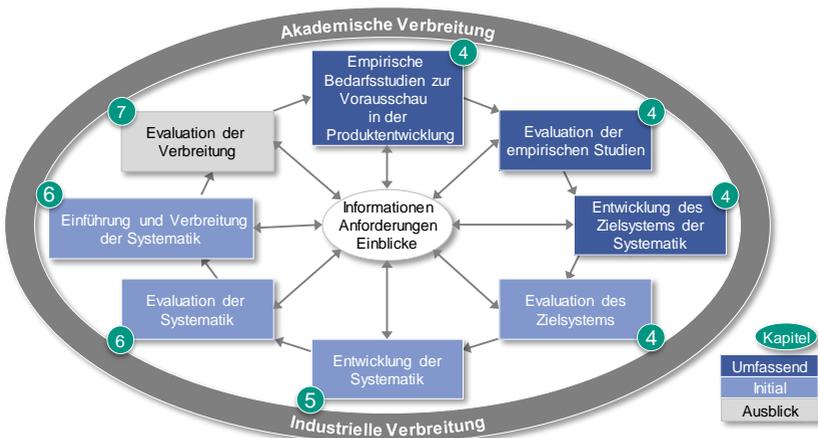


Abbildung 3.1: Spiral of Applied Research (Eckert et al., 2003) für das vorliegende Forschungsvorhaben; Darstellungsform nach Bursac (2016)

Die acht Stufen des Forschungsvorhabens sind im Folgenden näher erläutert. Dabei werden diese wie folgt aggregiert:

1. Die empirischen Bedarfsstudien zur Vorausschau in der Produktentwicklung dienen dazu, allgemeine Wechselwirkungen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung systematisch aufzuzeigen. Außerdem werden Herausforderungen sowie Anwendungsbarrieren von Vorausschau in der Produktentwicklung auf Basis von Primär- und Sekundärstudien identifiziert und beschrieben.
2. Anhand dieser Vorarbeiten ist die Synthese des Zielsystems der zu entwickelnden Systematik möglich. Dieses Zielsystem wird durch an die Systematik gestellte Erfolgsfaktoren beschrieben.
3. Die Evaluation des Zielsystems der Systematik erfolgt durch eine Expertenbefragung im nächsten Schritt.
4. Die Entwicklung der Systematik sowie zugehöriger Methoden erfolgt basierend auf den identifizierten Erfolgsfaktoren. Dazu dienen die einzelnen Erfolgsfaktoren als Input zur Entwicklung der Systematik. Die entwickelte Systematik wird in Kapitel 5 vorgestellt.
5. Die Evaluation der Systematik sowie die Einführung und Verbreitung der Systematik erfolgt durch Experteninterviews sowie durch Fallstudien in Labor-, Live-Lab und Feldanwendungen in Kapitel 6, um die Übertragbarkeit der entwickelten Systematik auf unterschiedliche Fragestellungen in der Produktentwicklung sicherzustellen.
6. Die Evaluation der Verbreitung ist aufgrund des zeitlichen Rahmens nicht vollumfänglich Teil dieser Forschungsarbeit und kann damit nur ansatzweise behandelt werden.

### **DRM – A Design Research Methodology**

Die DRM stellt einen generischen Ansatz für konkrete, technikorienteerte Forschungsvorhaben dar. Durch die Anwendung der DRM auf das hier vorliegende Forschungsvorhaben, ergibt sich das in Abbildung 3.2 dargestellte Forschungsvorgehen entlang der Kapitel dieser Arbeit.

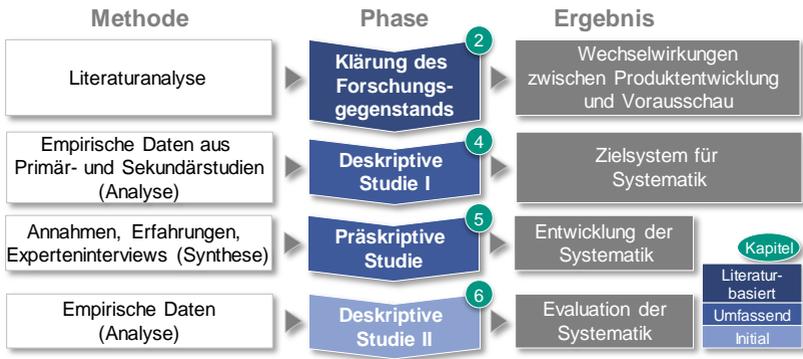


Abbildung 3.2: DRM (Blessing & Chakrabarti, 2009) für das vorliegende Forschungsvorhaben; Darstellungsform nach Bursac (2016)

Die vier Phasen des Forschungsvorhabens sind im Folgenden näher erläutert:

- Die **Klärung des Forschungsgegenstands** wurde in Kapitel 2 beschrieben. Der Forschungsgegenstand ist die Integration von Methoden der Vorausschau in die Produktentwicklung, um damit die Befähigung des Produktentwicklers in der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung bei der Identifikation von Suchfeldern mit hohem Innovationspotential sowie der generationsübergreifenden Planung von Entwicklungsumfängen zur initialen Zielsystembildung durch den gezielten Einsatz von Methoden der Vorausschau zu befähigen.
- Die **deskriptive Studie I** wird in Kapitel 4 beschrieben. Durch die in dieser Studie identifizierten Erfolgsfaktoren kann das Zielsystem der zu entwickelnden Systematik beschrieben werden.
- In der **präskriptiven Studie** erfolgt die Entwicklung der Systematik basierend auf dem zuvor definierten Zielsystem. Die Systematik setzt sich aus einem Prozessmodell sowie Methoden zusammen (siehe Kapitel 5).
- Die **deskriptive Studie II** in Kapitel 6 dient zur Evaluation der entwickelten Systematik anhand mehrerer Fallbeispiele unterschiedlicher Branchen in der Produktentwicklung.

Eine Untersuchung von Cantamessa (2011) basierend auf den Veröffentlichungen von ICED'97 und ICED'99 bestätigt die weitverbreitete Annahme, dass zwar viele Forschungsarbeiten neue Ansätze und Formen des Design Support vorstellen, sich jedoch nur sehr wenige der Evaluation von Design Support, und damit der zweiten deskriptiven Studie, widmen. Neue Veröffentlichungen von Marxen (2014) oder von Barth, Caillaud und Rose (2011) kommen zu einer ähnlichen Conclusio. In dieser Forschungsarbeit wird deshalb ein besonderer Fokus auf die Evaluation des entwickelten Design Supports und damit auf die zweite deskriptive Studie gelegt.

Nach Blessing und Chakrabarti (2009) haben die einzelnen Stadien unterschiedliche Durchdringungstiefen. Die Stadien können *Literatur-basiert*, *umfassend* und *initial* ausgeprägt sein.

Das hier vorliegende Forschungsvorhaben basiert auf Typ 7, mit einer umfassenden zweiten deskriptiven Studie und ist in Tabelle 1 dargestellt (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Tabelle 1: Typen von Forschungsvorhaben nach Blessing und Chakrabarti (Blessing & Chakrabarti, 2009; Bursac, 2016)

Typ	Klärung des Forschungsgegenstands	Deskriptive Studie I	Präskriptive Studie	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

Blessing und Chakrabarti (2009) unterscheiden bei der Evaluation von Design Support in eine Support-Evaluation, eine Application-Evaluation und eine Success-Evaluation. Die Support-Evaluation dient als Test rein technischer Funktionalität und sucht dabei nach Widersprüchen und Fehlern, die die Durchführbarkeit verhindern. Als einfachste Form der Support-Evaluation gilt eine Anwendung des entwickelten Supports durch den Entwickler selbst. Die Support-Evaluation überprüft, ob ein Stift schreibt, ein Computerprogramm abstürzt oder eine Methode nicht angewandt werden kann, weil beispielsweise die Materialien zur Vermittlung der Methode unleserlich sind. Aufgrund der Vielzahl an möglichen Widersprüchen je nach entwickeltem Design Support liefern Blessing und Chakrabarti keine konkrete Anleitung für die Support-Evaluation, sondern lediglich eine Beschreibung mit Beispielen. Die Durchführung einer Support-Evaluation ist Voraussetzung für die weitere Evaluation des entwickelten Design Supports (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Auf die Support-Evaluation folgt die Application-Evaluation. Diese prüft die Anwendbarkeit und Nutzbarkeit des Supports. Dazu ist zu testen, wie intuitiv der Anwender mit dem Design Support interagiert, wie die Akzeptanz und das Vertrauen in den Support ist, da dies als Erfolgsfaktor für eine gewissenhafte Durchführung gilt (Marthaler, Orsolani Uhlig, et al., 2019) und andere die Anwendbarkeit und Nutzbarkeit betreffenden Fragestellungen. Auch für die Application-Evaluation wird kein direkt anzuwendendes Verfahren empfohlen, sondern lediglich beschrieben, was, nicht aber wie, zu überprüfen ist (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Die Success-Evaluation zielt auf die Messung des durch den zu evaluierenden Design Support bedingten Erfolges ab. Dies ist nur schwer möglich, da beispielsweise der Markterfolg eines unter Anwendung des zu evaluierenden Design Supports entstandenen Produkts von einer Vielzahl äußerer Faktoren abhängt und daher kaum mit einer Kontrollgruppe verglichen werden kann. Hinzu kommt, dass Aussagen über den (wirtschaftlichen) Erfolg eines Produktes zeitlich weit von der Entwicklung des Design Supports entfernt liegen. Blessing und Chakrabarti (2009) lösen diesen Konflikt durch die Einführung von messbaren Erfolgsfaktoren, zusätzlich zu Erfolgskriterien. Erfolgskriterien und messbare Erfolgsfaktoren liegen auf zwei unterschiedlichen Ebenen. Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden: Höhere Verkaufszahlen sind ein Erfolgsfaktor. Dieser lässt sich jedoch erst nach Markteinführung messen. Daher werden der Preis im Vergleich zum Wettbewerb und die Kundenbegeisterung als messbare Erfolgsfaktoren eingeführt. Die Kundenbegeisterung kann durch Befragung einer repräsentativen Gruppe schon weit vor Markteinführung ermittelt werden. Wie auch schon für die Support- und die Application-Evaluation sind die Anforderungen an die Success-Evaluation je nach zu evaluierendem Design Support derart divers, dass ein adäquates Vorgehen je nach Fall zu erarbeiten ist

und in DRM ein solches nicht allgemein vorgeschlagen wird und werden kann (Blessing & Chakrabarti, 2009). Abbildung 3.3 stellt die Support-, Application- und Success-Evaluation im Kontext dieser Arbeit grafisch dar.

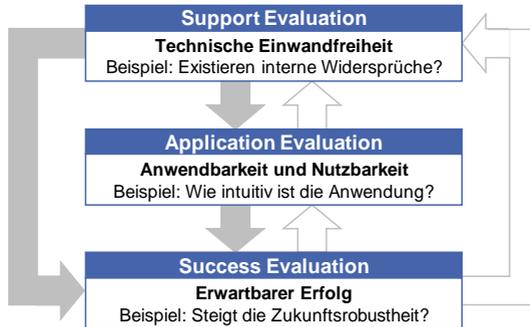


Abbildung 3.3: Support-, Application und Success-Evaluation nach Blessing und Chakrabarti (2009)

Ergebnisse aus der Evaluation von Design Support können unterschiedlichster Natur sein: Zahlenwerte, Tabellen, Töne, Farben, Preise oder Diagramme. Um Vergleichbarkeit von Ergebnissen herstellen zu können, haben sich verschiedene statistische Auswertungsverfahren etabliert. Verschiedene Konzepte zur Durchführung statistischer Relevanzanalysen und Effektstärken werden deshalb im Folgenden vorgestellt.

Cohen's d ist eine von verschiedenen Maßzahlen, um statistische Relevanz zu messen und hat sich als Standard zur Erfassung von Effektstärke etabliert (Lenhard & Lenhard, 2016). Eine Anwendung von Cohen's d ist der wissenschaftlichen Kommunikation damit durchaus dienlich und findet in dieser Arbeit statt. Ein weiterer Vorteil von Cohen's d zur Messung der Effektstärke ist die einfache Umrechenbarkeit von und in andere Maßzahlen. Hedges' g zur Reduzierung von Bias ist eine weitere häufig genutzte Maßzahl. Allerdings wird auch auf eine Nutzung von Hedges' g zugunsten Cohen's d in dieser Arbeit verzichtet, da der Einfluss von Hedges' g sehr klein ist. Sollten die Stichprobengrößen ausreichend groß sein, würde sich eine Anwendung von t-Tests anbieten. Da diese nicht in allen Untersuchungen dieser Arbeit sicherzustellen ist, ist eine Anwendung von Cohen's d vorzuziehen. (Kline, 2004)

Cohen's  $d$  ist das Verhältnis der Abweichung der Mittelwerte ( $m_A$  und  $m_B$ ) zu dem quadratischen Mittel der Standardabweichungen ( $\sigma_A^2 + \sigma_B^2$ ) zwischen einer Test- und einer Kontrollgruppe (Cohen, 1988). Dies ist in Gleichung 1 dargestellt.

$$\text{Cohen's } d = \frac{m_A - m_B}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2 + \sigma_B^2}{2}}} \quad 1$$

Je nach Wert für Cohen's  $d$  ergibt sich ein unterschiedlich stark ausgeprägter Effekt. Dieser resultiert aus der Überschneidung beziehungsweise Nicht-Überschneidung der Verteilungskurven. Cohen (1988) definiert einen schwachen Effekt bei einem Wert von Cohen's  $d$  von 0,2. Daraus resultiert eine Nicht-Überschneidung  $U_1$  von 14,7 %. Das heißt, dass die obersten 14,7 % der Verteilungskurve der Gruppe A sich nicht mit den untersten 14,7 % der Verteilungskurve der Gruppe B überschneiden. Bei einem Wert von 0,5 für Cohen's  $d$  ( $U_1 = 33$  %) spricht Cohen (1988) von einem moderaten und bei 0,8 ( $U_1 = 47,4$  %) von einem starken Effekt. Die Überschneidungen für kleine, moderate und starke Effekte sind in Abbildung 3.4 dargestellt.

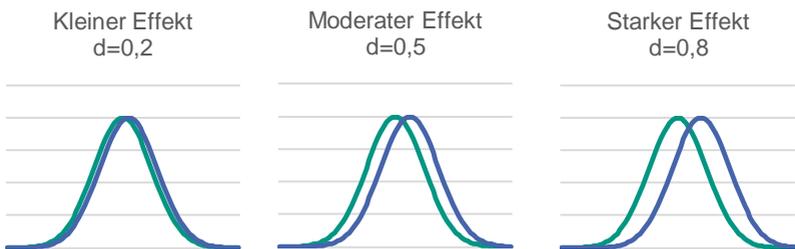


Abbildung 3.4: Nicht-Überschneidung unterschiedlicher Effektstärken nach Cohen (1988)

Cohen (1988) selbst spricht von seinen Effektstärkemaßen als *Faustregeln (rule of thumb)* und räumt eine Grobheit dieses Vorgehen ein. Sawiloksy (2009) führt daher als Reaktion neue Effektstärke Regeln (New Effect Size Rules), aufbauend auf Cohen's *Faustregeln* ein. Demnach ist zusätzlich zu dem von Cohen (1988) postulierten kleinen, moderaten und starken Effekt für  $d = 0,01$  von einem sehr kleinen Effekt,

für  $d = 1,2$  von einem sehr großen Effekt und für  $d = 2$  von einem riesigen Effekt zu sprechen (Sawilowsky, 2009).

### 3.2.2 Untersuchungsmethoden

Die beiden vorgestellten Forschungsmethoden der Spiral of Applied Research (Eckert et al., 2003) sowie der DRM (Blessing & Chakrabarti, 2009) konnten im vorgehenden Kapitel zur Planung des Forschungsvorhabens eingesetzt werden. Diese sind jedoch mehr als ein Prozessmodell zur Durchführung der einzelnen Studien zu verstehen. Dem Methodenentwickler fehlt es damit an konkreten Methoden mit Handlungsanweisung zur Durchführung der einzelnen Studien. Marxen (2014) entwickelt zur Deckung dieses Bedarfs aufbauend auf dem iPEM das *integrated Design Support Development Modell*. Dieses wird in Abbildung 3.5 für das hier vorliegende Forschungsvorhaben angepasst.

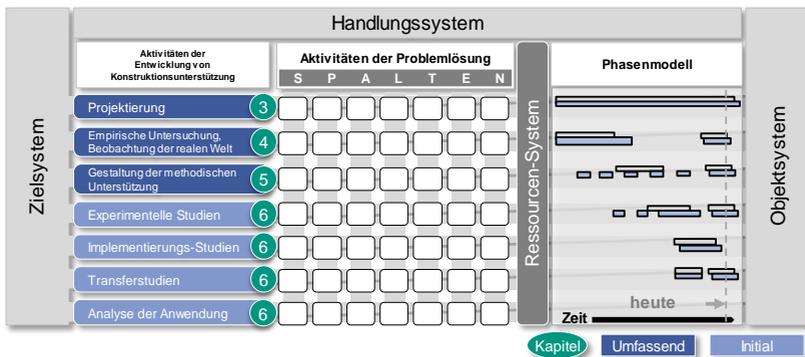


Abbildung 3.5: integrated Design Support Development Modell für das vorliegende Forschungsvorhaben (Marxen, 2014)

Das integrated Design Support Development Modell unterstützt den Methodenentwickler beim Finden der situationsgerechten Forschungsmethoden sowie beim Planen der einzelnen Studien. Im Phasenmodell zeigt sich, dass die Forschung einen iterativen Charakter hat und nicht als lineares, eindimensionales Vorgehen zu verstehen ist.

In dieser Forschungsarbeit werden verschiedene empirische Forschungsmethoden zur Beantwortung der Forschungsfragen eingesetzt. Die Vorstellung der einzelnen, angewandten empirischen Untersuchungsmethoden erfolgt mithilfe der von Bursac (2016) adaptierten Steckbriefe von Marxen (2014).

Fragebogen	
Anwendungsfeld	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</li> <li>• Experimentelle Studien, Evaluation in kontrollierten Umgebungen</li> <li>• Anwendungsstudien, Einsatz von Entwicklungs-Unterstützung in realen Prozessen</li> <li>• Felder der Entwicklungsmethodik, in der die Wahrnehmung der Menschen bzgl. einer Situation oder einem Prozess von Interesse ist</li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direkte Datenerfassung</li> <li>• Einfacher Zugang zu großen Auswahlgruppen, vor allem mit online Umfragen</li> <li>• Es steht eine große Anzahl von Online-Umfrage-Tools zur Verfügung</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forscher kann nicht eingreifen</li> <li>• Präzise Fragen müssen formuliert werden. Missverständnisse durch die Teilnehmer können die komplette Studie ruinieren</li> </ul>

Abbildung 3.6: Empirische Untersuchungsmethoden (Bursac, 2016; Marxen, 2014) – Fragebogen

Interview 	
Anwendungsfeld	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</b></li> <li>• Experimentelle Studien, Evaluation in kontrollierten Umgebungen</li> <li>• Anwendungsstudien, Einsatz von Entwicklungsunterstützung in realen Prozessen</li> <li>• Felder der Entwicklungsmethodik, in der die Wahrnehmung der Menschen bzgl. einer Situation oder einem Prozess von Interesse ist</li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nachfragen zur Präzisierung der Antworten sind möglich, Missinterpretationen können vermieden werden</b></li> <li>• Forscher kann eingreifen</li> <li>• Es steht eine große Anzahl von Interview-Tools zur Verfügung</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufwändige Analyse bzw. Transkription der Interviews</li> <li>• <b>Erschwerter Zugang zu großen Auswahlgruppen, da Interviews mit einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden sind</b></li> </ul>

Abbildung 3.7: Empirische Untersuchungsmethoden (Bursac, 2016; Marxen, 2014) – Interview

Teilnehmende Beobachtung 	
Anwendungsfeld	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</b></li> <li>• Anwendungsstudien, Einsatz von Entwicklungsunterstützung in realen Prozessen</li> <li>• <b>Langzeitprojekte, welche Einblicke in Entwicklungsaktivitäten und Prozesse ermöglichen, in denen die Datenquelle eine soziale Gruppe ist, in der der Forscher Mitglied wird</b></li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Direkte Datensammlung, da der Beobachter ein Teil der Datenquelle ist</b></li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beobachtung kann die Entwickler von den Aktivitäten ablenken, wodurch die natürlichen Abläufe innerhalb des Teams gestört werden</li> <li>• Gefahr der Unehrlichkeit, um sich in einem guten Licht darzustellen, wenn den Team-Mitgliedern bewusst ist, dass der Forscher unter ihnen ist</li> </ul>

Abbildung 3.8: Empirische Untersuchungsmethoden (Bursac, 2016; Marxen, 2014) – Teilnehmende Beobachtung

Fallstudie 	
Anwendungsfeld	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explorative Forschung mit dem Ziel, Forschungsfragen zu identifizieren</li> <li>• Empirische Forschung, Analyse von realen Entwicklungsprozessen</li> <li>• Anwendungsstudien, Einsatz von Entwicklungsunterstützung in realen Prozessen</li> <li>• Untersuchung von komplexen Situationen, wenn das Ziel ein ganzheitliches Bild ist</li> <li>• Identifikation von Hypothesen</li> <li>• Falsifizierung von Theorien</li> <li>• <b>Zeigt Anwendbarkeit/Nutzen einer Entwicklungsunterstützung</b></li> </ul>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganzheitlicher Ansatz</li> <li>• <b>Funktioniert auch mit sehr komplexen Situationen</b></li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andauernde Diskussion, ob es eine gültige Forschungsmethode ist oder nicht</li> <li>• Aufwand, durch die notwendige Anwendung von verschiedenen Forschungsmethoden</li> </ul>

Abbildung 3.9: Empirische Untersuchungsmethoden (Bursac, 2016; Marxen, 2014) – Fallstudie

### 3.3 Zwischenfazit

Das dieser Arbeit zugrunde liegende Vorgehen wurde auf Basis der Spiral of Applied Research (Eckert et al., 2003) und der DRM (Blessing & Chakrabarti, 2009) entwickelt. Auf Basis des Stands der Forschung wurde folgendes Forschungsvorgehen abgeleitet:

Zur Ermittlung des Zielsystems, das an die zu entwickelnde Systematik gestellt wird, erfolgt die Durchführung einer deskriptiven Studie. Dabei ist zunächst das Ziel, grundlegende Wechselwirkungen mithilfe einer Data-Mining-Analyse zwischen Vorausschau und der Produktentwicklung aufzuzeigen. Im nächsten Schritt werden auf Basis von empirischen Studien Herausforderungen zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung herausgearbeitet. Daraufaufgehend werden durch eine zweistufige Expertenbefragung Erfolgsfaktoren identifiziert, die an eine Systematik gestellt werden, die die Integration von Vorausschau in die Produktentwicklung ermöglicht. In der ersten Runde dieser Studie erfolgt die qualitative Identifikation der Erfolgsfaktoren. Die Erfolgsfaktoren werden in die drei Cluster Methoden, Systeme und Prozesse eingeteilt. Dies ist daher motiviert, dass die entwickelte Systematik zum einen den Produktentwickler – als Zentrum der Produktentwicklung – befähigen soll (Methode), die Methodenentwicklung immer anhand konkreter Systeme erfolgen muss (Systeme) und sich die entwickelte Systematik in bestehende Prozesse

der Frühen Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung integrieren lässt (Prozesse). In der zweiten Runde erfolgt eine Relevanzanalyse durch eine quantitative Befragung der Experten, um die Bedeutung der Erfolgsfaktoren sicherzustellen sowie eine Rangfolge abzuleiten.

In der darauffolgenden präskriptiven Studie wird die Systematik anhand realer Fragestellungen sowie Projekten aus Unternehmen iterativ entwickelt. Die Systematik wird dabei als ein Prozessmodell inklusive der zur Durchführung relevanten Methoden verstanden. Bei der iterativen Entwicklung erfolgt der kontinuierliche Abgleich des Erfüllungsgrads der in der ersten deskriptiven Studie zu identifizierenden Erfolgsfaktoren anhand von Fallstudien.

Die Systematik wird durch mehrere Fallstudien sowie Expertenbefragungen evaluiert. Ein besonderer Fokus der Evaluation liegt dabei auf der Bewertung der Anwendbarkeit der Systematik durch eine Befragung der beteiligten Probanden, der Verifizierung des Erfüllungsgrads der Erfolgsfaktoren anhand von Experteninterviews sowie auf Fallstudien mit Probanden- und Testgruppen, um den durch die Anwendung der Systematik erzielten Effekt hinsichtlich Inventionspotential und Zukunftsrobustheit nachweisen zu können.

## **4 Zielsystem der Systematik zur Integration von Vorausschau in der Produktentwicklung**

In Kapitel 4 erfolgt die Vorstellung der Ergebnisse und Erkenntnisse der ersten deskriptiven Studie. Dazu ist die in Kapitel 3.1.4 formulierte Forschungsfrage 1 zu beantworten.

1. Welches Zielsystem wird an eine Systematik, die den Einsatz von Vorausschau zur Entwicklung mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen mit strategischem Zeithorizont ermöglicht, gestellt?

Folgend der in Kapitel 3 vorgestellten Spiral of Applied Research erfolgt in diesem Kapitel die Ableitung des methodischen Zielsystems der zu entwickelnden Systematik. Dazu werden folgende Teilfragen zur Spezifikation herangezogen.

- 1.1 Welche grundlegenden Wechselwirkungen bestehen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung?
- 1.2 Welche Herausforderungen bestehen beim Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung und welche Handlungsfelder lassen sich daraus ableiten?
- 1.3 Welche Erfolgsfaktoren müssen erfüllt werden, um die Vorausschauergebnisse über mehrere Produktgenerationen hinweg nutzbar zu machen?

Zunächst zeigt eine Data Mining Analyse als Vorstudie allgemeine Wechselwirkungen zwischen der Produktentwicklung und der Vorausschau auf. Der Forschungsgegenstand kann dadurch systematisch eingegrenzt und konkretisiert werden.

Darauf aufbauend erfolgen drei Fragebogenstudien, die den grundsätzlichen Bedarf an Vorausschau in der Produktentwicklung aufzeigen sowie Erkenntnisse über gegenwärtige Herausforderungen und zu erhebende Potentiale zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung verschaffen.

Diese Erkenntnisse wiederum bilden den Input für eine zweistufige Expertenstudie. In der ersten Stufe werden Erfolgsfaktoren, die an die zu entwickelte Systematik gestellt werden, qualitativ ermittelt. In der zweiten Stufe erfolgt der quantitative Nachweis von deren Relevanz für den Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung.

Das hierbei zugrunde gelegte Vorgehen veranschaulicht Abbildung 4.1.

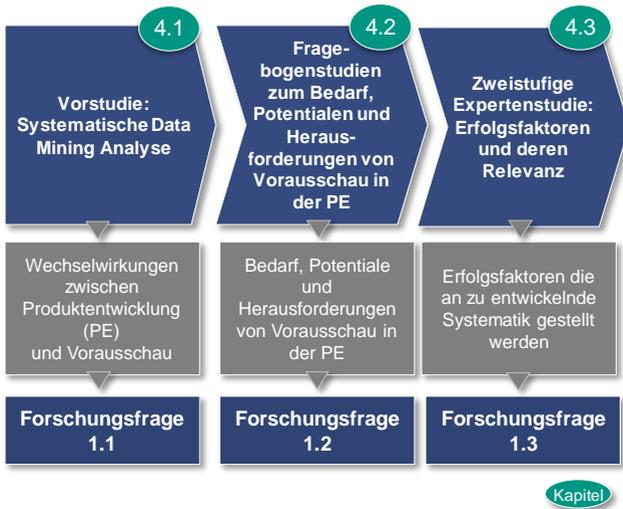


Abbildung 4.1: Vorgehen der ersten deskriptiven Studie

## 4.1 Vorstudie zur Klärung des Forschungsgegenstands

Die systematische Data Mining Analyse erfolgt auf Basis eines Data Mining Tools. Da die Auswahl des für die Studie geeigneten Data Mining Tools einen erheblichen Einfluss auf das Aufwand-Nutzen-Verhältnis der Studie besitzt, wird zunächst ein

Vergleich von aktuellen Softwarelösungen gegeben sowie ein passendes Data Mining Tool ausgewählt. Im Anschluss wird der zur Durchführung der Analysen verwendete Input an wissenschaftlichen Publikationen vorgestellt. Darauf aufbauend erfolgt die Vorstellung der abgeleiteten Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Studie.

Es gibt bereits eine Vielzahl von Software auf dem Markt, die Forscher bei der qualitativen und quantitativen Datenanalyse unterstützt. Die meisten Anwendungen bieten wichtige Funktionen für die Textanalyse wie den Import verschiedener Datenquellen, die Kodierung von Text und Bild sowie Analysetools, die Informationen als aussagekräftige Diagramme oder Karten darstellen können. Sie können Forschern in verschiedenen Situationen helfen, indem sie schnell nach relevanten Informationen suchen, bei der Kodierung helfen oder leistungsfähige Analyseergebnisse liefern. Auf dem Markt gibt es verschiedene Anwendungen wie RapidMiner, KNIME, Orange, MAXQDA, nVivo, Atlas, Dedoose und QDA-Miner V5. Es ist zu beachten, dass die Datenaufbereitung sehr zeitaufwendig ist und einen großen Einfluss auf die Qualität der Analyseergebnisse besitzt. Für die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Analysen wird das Tool QDA-Miner V5 gewählt. Die zur Analyse benötigten Daten können im QDA-Miner effizient durch leistungsstarke Suchfunktionen extrahiert werden. Darüber hinaus können Inhalte automatisch identifiziert und einfach kodiert werden. Außerdem gibt es viele Möglichkeiten, die Daten zu visualisieren. Für diese explorative Studie wird der QDA-Miner deshalb als besonders geeignet eingeschätzt (Albers, Bursac, Butenko, Marthaler & Zhang, 2018).

Zur Durchführung der Studie müssen relevante wissenschaftliche Publikationen in das Data Mining Tool geladen und codiert werden. Im Rahmen dieser Studie werden dazu drei einschlägige Konferenzen gewählt, bei denen Forschungsergebnisse rund um die Produktentwicklung vorgestellt werden. Gleichzeitig wird bei der Auswahl der Konferenzen ein Fokus daraufgelegt, dass diese Fragestellungen des Themenkomplexes *Innovationen* bedienen. Konferenzpublikationen eignen sich insgesamt zum Einsatz von Data Mining besser als Veröffentlichungen in Journals, da hierbei eine deutlich größere Anzahl an Publikationen mit gleicher oder zumindest ähnlicher Formatierung gefunden werden können. Zur Erreichung einer höheren Stichprobe an Papern sowie um mit mehreren Blickrichtungen den Themenkomplex *Innovationen* sowohl national als auch international zu untersuchen, eignen sich unter anderem die International Society for Professional Innovation Management Innovation Conference (ISPIM), das Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT) und die International Conference on Engineering Design (ICED) als Konferenzen gewählt. Weitere Informationen zu diesen Konferenzen werden in der folgenden Abbildung 4.2 zur Verfügung gestellt.

<b>ISPIM Innovation Conference</b>	<b>SVT</b>	<b>ICED</b>
International Society for Professional Innovation Management	Symposium für Vorausschau und Technologieplanung	International Conference on Engineering Design
International: Englischsprachig	National: Deutschsprachig	International: Englischsprachig
Ausgewertete Jahre: 2010 - 2018	Ausgewertete Jahre: 2005 - 2017	Ausgewertete Jahre: 2002 - 2017
<b>Ausgewertete Paper: 2270</b>	<b>Ausgewertete Paper: 256</b>	<b>Ausgewertete Paper: 3712</b>

Abbildung 4.2: Ausgewählte Konferenzen zur Durchführung der Data Mining Analysen

Die systematische Data Mining Analyse erfolgt in drei Teilen: Zunächst wird analysiert welche grundlegenden Wechselwirkungen zwischen Produktentwicklung und Vorausschau bestehen. Im zweiten Teil werden auf Basis dessen wichtige Autoren sowie Publikationen identifiziert, die die Grundlage für die darauf aufbauende systematische Literaturanalyse bilden. Darüber hinaus werden in einem dritten Teil weitere interessante Erkenntnisse der Analysen vorgestellt.

## Teil 1: Identifikation von Wechselwirkungen zwischen Produktentwicklung und Vorausschau

Im ersten Teil der Analyse wird untersucht, welche Themen und Konzepte Produktentwicklung und Vorausschau gemeinsam haben. Dazu werden in einem ersten Schritt mit Hilfe des QDA Miners Absätze identifiziert, welche den Oberbegriff *Produktentwicklung* oder alternativ die Unterbegriffe *Product Development*, *Product Engineering* und *Product Design* enthalten. Außerdem werden Absätze identifiziert, die den Oberbegriff *Vorausschau* oder alternativ die Unterbegriffe *Foresight*, *Forecast* und *Prediction* beinhalten. In einem zweiten Schritt wird mittels Wordstat eine Häufigkeitsliste mit den häufigsten Wortgruppen angefertigt. Für die Analyse wurden irrelevanter Worte wie beispielsweise *Bild* aus der generierten Liste nach manueller Untersuchung der kontextuellen Relevanz entfernt. Anschließend wird mithilfe einer Excel-Analyse die Schnittmenge dieser Häufigkeitslisten bestimmt. Dieses Vorgehen wird für alle drei betrachteten Konferenzen gewählt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4.3 bis Abbildung 4.5 dargestellt.

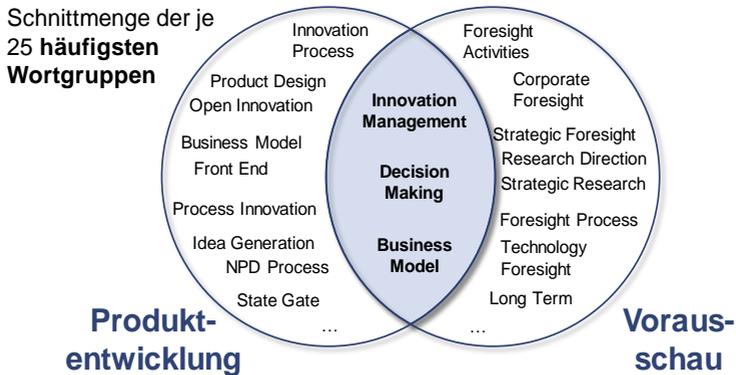


Abbildung 4.3: Schnittmenge der je 25 häufigsten Wörter der betrachteten wissenschaftlichen Publikationen der ISPIM Conference



Abbildung 4.4: Schnittmenge der je 25 häufigsten Wörter der betrachteten Publikationen des Symposiums für Vorausschau und Technologieplanung

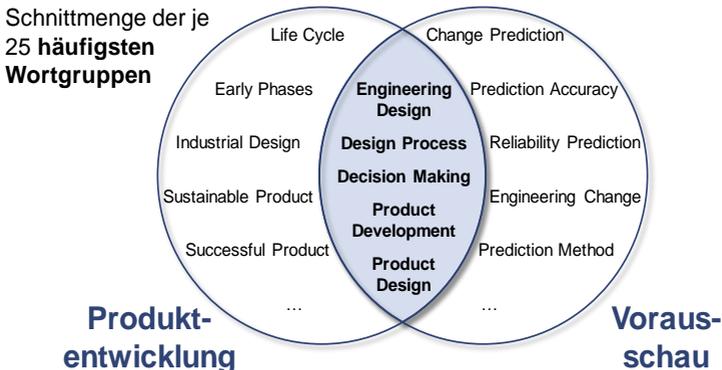


Abbildung 4.5: Schnittmenge der je 25 häufigsten Wörter der betrachteten wissenschaftlichen Publikationen der International Conference of Design Engineering

Die Ergebnisse zeigen, dass die Qualität der daraus abzuleitenden Erkenntnisse mit der Anzahl an analysierten wissenschaftlichen Publikationen deutlich ansteigt. So konnten bei der ISPIM und ICED ganze Wortgruppen identifiziert werden und bei der SVT nur einzelne Wörter. Bei allen Konferenzen ist Strategie (Strategy) beziehungsweise Entscheidungsfindung (decision making) als zentrales geteiltes Konzept beziehungsweise Wechselwirkung zwischen Produktentwicklung und Vorausschau erkennbar. Bei der ISPIM und SVT Konferenz sind Technologie (Technology) und Unternehmen (business) Themen, welche Produktentwicklung und Vorausschau gemeinsam haben. ISPIM und ICED beinhalten als weiteres verbindendes Element zwischen Produktentwicklung und Vorausschau Wissen (Knowledge) beziehungsweise Information.

## Teil 2: Identifikation einschlägiger Autoren und Publikationen

Die zuvor identifizierten Schnittmengen dienen als Grundlage für die Identifikation der Autoren, die in diesem Schnittmengenbereich als Forschende aktiv sind. Dazu wird analysiert, welche Autoren diese Wortgruppen in ihren Publikationen verwendet haben. Im nächsten Schritt werden die Autoren hinsichtlich der Häufigkeit der Nennungen gelistet. Da die Grundgesamtheit der zur Verfügung stehenden Paper bei der ISPIM und der ICED deutlich größer ist als bei der SVT, erfolgt die Dataming-basierte Identifikation einschlägiger Autoren auf Basis dieser beiden Konferenzen. Die Autorennennungen, ausgewertet bezüglich der ICED Konferenz und der ISPIM Konferenz, sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 dargestellt. Dazu werden die Autoren sowie die Häufigkeit der gefundenen Papern über den Wortgruppen aufgetragen.

Tabelle 2: ICED Konferenz: Autorennennung je Wortgruppen

Engineering Design	#	Design Process	#	Decision Making	#	Product Development	#	Product Design	#
Sang Won Lee	5	Albert Albers	6	Abdelhakim Yahiaoui	2	Albert Albers	9	Albert Albers	8
Jürgen Gausemeier	4	Benjamin Röder	3	Anna Tidstam	2	Martin Eigner	9	Matthias Kreimeyer	6
Matthias Kreimeyer	4	Bernd Bender	3	Björn Johansson	2	Jürgen Gausemeier	7	Harrison M. Kim	5
Tobias F. Luedeke	4	Duncan Boa	3	Jérémy Bonvoisin	2	Alexandre Bekhradi	6	Herbert Birkhofer	4
Herbert Birkhofer	3	Davor Pavlic	3	Christian Mascle	2	Santosh Jagtap	6	Claus Thorp Hansen	4
Christian Weber	3	Juan M Jauregui-Becker	3	Sebastien Dubois	2	Åsa Ericson	5	Mario Fargnoli	4
Fabrice Alizon	3	John M. Feland III	3	René Ebeling	2	Duncan Boa	5	Simon Peyton Jones	4
Ben J. Hicks	3	Jonathan Daniel	3	Fabio Bruno	2	Ben J. Hicks	5	André Liem	3
Jean-Claude Bocquet	3	Karlsson	3	Björn Falk	2	Matthias Kreimeyer	5	Marco Bertoni	3
Jean-François Petiot	3	Tim Katzwinkel	3	Mario Fargnoli	2	Nenad Bojčević	4	Bruce Field	3

Tabelle 3: ISPIM Konferenz: Autorennennung je Wortgruppen

Innovation Management	#	Business Modell	#	Decision Making	#
Leona C. Fitzmaurice	3	Anna Mette Fuglseth	2	Nico Thom	2
Pia Hurmelinna-Laukkanen	3	Letizia Mortara	2	Djordje Pinter	2
Marcelo F. Castilho	3	Rodrigo L. Morais-da-Silva	2	Beata Poteralska	2
Erik Lindhult	3	Christopher Gustafsson	1	Gerrit Anton de Waal	1
Nico Thom	2	Mika Kautonen	1	Gerald Schönwetter	1
Lidia Gryskiewicz	2	Kati Järvi	1	Tibor Dory	1
Eider Bidaurratzaga	2	Marius Stoffels	1	Dirk Schneckenberg	1
Agata Wróbel	2	Mathias Beck	1	Tobias Heger	1
Dominik Dellermann	2	Chie Sato	1	Jonas Keller	1
Anna Triflova	2	Julia Schmitt	1	Linn Kolbe	1

Da der Fokus bei der Vorstellung von Forschungsarbeiten auf der ISPIM und der ICED nicht alleine auf Vorausschau liegt, erfolgen die fortfolgenden Analysen nicht ausschließlich durch Eingrenzung auf diese Autoren.

### Teil 3: Weitere Ergebnisse zur Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit

Im dritten Teil der Analyse werden weitere zur Beantwortung der Forschungsfragen interessante Ergebnisse vorgestellt.

Dazu wird in einer weiteren Analyse untersucht, inwieweit Diskussionen über die Zukunft eher mit Unsicherheit oder Sicherheit beziehungsweise Risiken oder Chancen verbunden sind. Dazu werden in einem ersten Schritt Sätze, welche das Wort Zukunft (*Future*) enthalten, identifiziert und analysiert. In einem zweiten Schritt werden die Auftrittshäufigkeiten der Worte Risiko (Risk), Chance (Chance), Sicherheit

(Certainty) und Unsicherheit (Uncertainty) in diesen Sätzen ermittelt. Die ermittelten Häufigkeiten sind in Abbildung 4.6 zusammenfassend normiert gegenübergestellt. Auf eine Skala wird hier deshalb verzichtet.

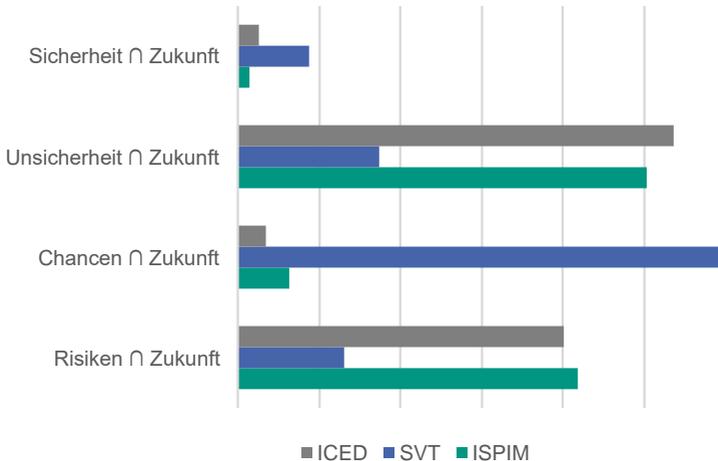


Abbildung 4.6: Zusammenhang zwischen Zukunft und Risiken/Chancen sowie Unsicherheit/Sicherheit (normierte Darstellung)

Insgesamt sind die Ergebnisse der ISPIM Konferenz und der ICED deutlich aussagekräftiger als die der SVT, da einerseits die absolute Auftrittshäufigkeit der betrachteten Begriffe deutlich höher ist und andererseits die Differenzen der Auftrittshäufigkeiten zwischen Sicherheit und Unsicherheit beziehungsweise Chance und Risiko deutlich größer sind. Die Ergebnisse der Analysen der ISPIM Innovation und ICED zeigen das gleiche Ergebnis auf: Zukunft wird deutlich stärker mit Risiken und Unsicherheit als mit Chancen und Sicherheit verbunden. Bei der SVT hingegen ist ein klarer Zusammenhang zwischen Zukunft und Sicherheit zu erkennen. Insgesamt lässt sich aufgrund dieser Ausführungen ableiten, dass Diskussionen und Beschreibungen der Zukunft enger mit Risiko und Unsicherheit verknüpft sind als mit Chancen und Sicherheit.

Die Ergebnisse zeigen gesamthaft, dass sich der Einsatz moderner Data Mining Tools zur systematischen Strukturierung des Forschungsgegenstands eignet.

Schnittmengen zwischen Produktentwicklung und Vorausschau sind vor allem Themen rund um Innovationsmanagement, Entscheidungsfindung, Strategie und Wissensmanagement (vergleiche Abbildung 4.7). Die identifizierten Autoren sowie deren Werke bilden die Grundlage für die folgenden Analysen in der Hauptstudie.



Abbildung 4.7: Wechselwirkungen zwischen Produktentwicklung und Vorausschau

## 4.2 Fragebogenstudie zur Anwendung von Vorausschau

Die drei in den folgenden Unterkapiteln vorgestellten Studien befassen sich damit, potentielle Bedarfe von Vorausschau in der Produktentwicklung zu identifizieren. Die erste Studie hat einen allgemeineren Fokus, um die aus der Literatur identifizierten Zusammenhänge und Bedarfe zu konkretisieren und zu verifizieren. Die zweite Studie legt den Fokus auf den Einsatz von Szenarien in der Produktentwicklung. Die dritte Studie stellt den Zusammenhang des Forschungsbedarfs in den Kontext der von der Forschungscommunity als relevant erachteten Forschungsthemen.

## 4.2.1 Bedarfe an Vorausschau in der Produktentwicklung

Zunächst wird die Zielsetzung dieser Studie in Kapitel 4.2.1.1 formuliert sowie das Studiendesign und Studienpanel vorgestellt. Die Ergebnisvorstellung erfolgt in Kapitel 4.2.1.2.

### 4.2.1.1 Zielsetzung der Studie, Studiendesign und Studienpanel

Zur allgemeinen Bedarfsermittlung von Vorausschau in der Produktentwicklung wurde die hier vorgestellte Studie im Rahmen einer betreuten Masterarbeit durchgeführt (Kühfuss, 2018). Auf Einzelverweise wird daher in diesem Kapitel verzichtet. Zielgruppe dieser Umfrage sind Produktentwickler, Innovationsmanager und (Entwicklungs-) Strategen aus Unternehmen mit dem Ziel die Bedarfe der Produktentwicklung an Techniken zur Vorausschau zu identifizieren. Sofern die Studienteilnehmer angeben, Methoden zur Vorausschau anzuwenden, werden diese zu Vor- und Nachteilen zuvor bestimmter Methoden zur Vorausschau aus dem Stand der Forschung befragt. Studienteilnehmer, die keine Methoden zur Vorausschau anwenden, werden gebeten Gründe für diese Nichtnutzung sowie zur Nutzung notwendige Veränderungen darzulegen. Insgesamt sind 68 beantwortete Fragebögen eingegangen. Die Rückläuferquote beträgt 56 %. Da nicht alle Fragen von allen Studienteilnehmern beantwortet werden, wird die jeweilige Anzahl der Antworten einzeln genannt. Der Studienablauf ist in der folgenden Abbildung 4.8 veranschaulicht.



Abbildung 4.8: Ablauf der Studie

Zu Beginn der Studie machen die Teilnehmer allgemeine Angaben zu ihrer Person. 56 % der Teilnehmer sind in der Automobilbranche tätig. 57 % der Teilnehmer sind in Unternehmen mit über 5000 Mitarbeitern beschäftigt. Über drei Viertel der Befragten sind Produktentwickler, Forscher, Innovationsmanager oder Strategen. Über 70 % der Befragten haben Führungs- und Projektverantwortung. In der folgenden Abbildung 4.9 wird das Studienpanel vorgestellt.

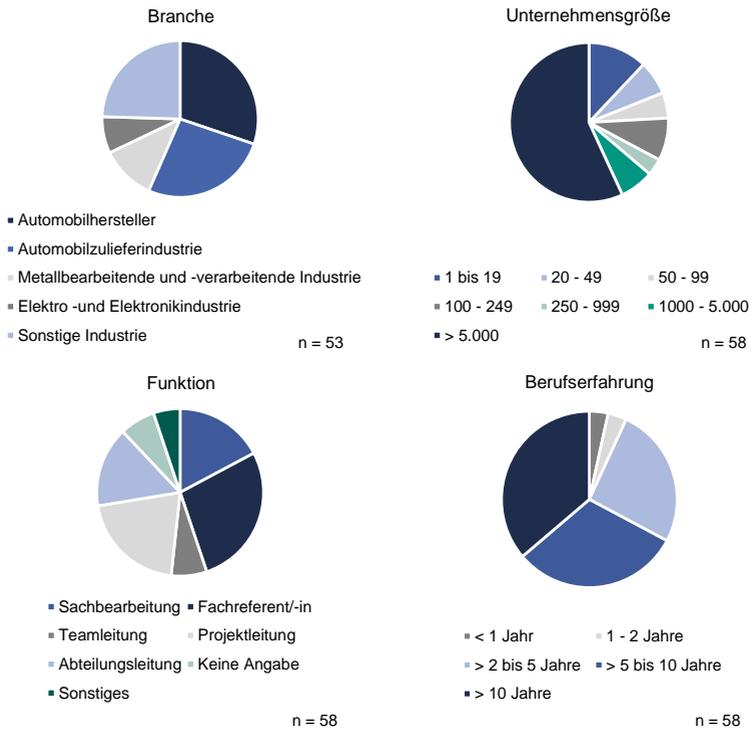


Abbildung 4.9: Studienpanel (Kühfuss, 2018)<sup>1</sup>

Aufgrund des Profils der Befragten, ist anzunehmen, dass dieses eine repräsentative Stichprobe für den Anwendungszweck der zu entwickelnden Systematik darstellt.

<sup>1</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

#### 4.2.1.2 Ergebnisse und Erkenntnisse

Im zweiten Schritt der Studie geben die Teilnehmer an, ob sie gegenwärtig Methoden zur Vorausschau anwenden. Dies hat zum Ziel allgemein zu erfassen, ob die Anwendung von Vorausschau erfolgt, zum anderen klassifiziert diese Frage die Studienteilnehmer in zwei Kategorien. Damit kann die Wahrscheinlichkeit der Validität der Antworten gesteigert werden. 59 % der Befragten (32 Personen) wenden bereits Methoden zur Vorausschau an, welche sie nutzen, zeigt die nachfolgende Abbildung.

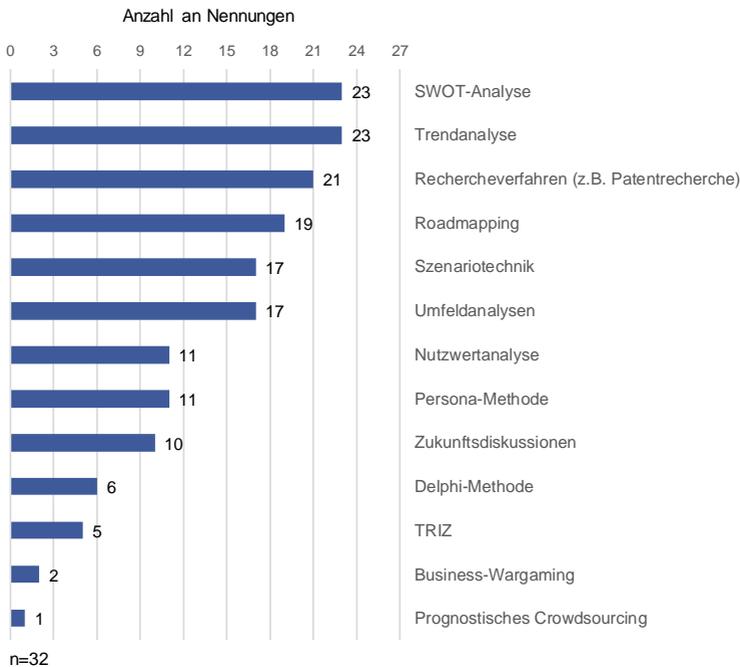


Abbildung 4.10: Angaben der Teilnehmer zur Anwendung von Vorausschau-Methoden (Mehrfachauswahl) (Kühfuss, 2018)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Die breite Vielfalt der angewendeten Methoden betont die Notwendigkeit, in den Unternehmen entweder eine Kombination oder eine situationsspezifische Auswahl von Methoden zu verwenden, anstatt nur eine Methode zu fokussieren. Dabei gibt es sehr häufig verwendete Methoden wie Trend- und SWOT-Analysen.

Darüber hinaus wurden die Teilnehmenden sowohl zu den Vorteilen (Tabelle 4) als auch den Nachteilen (Tabelle 5), die sie bei den von ihnen angewendeten Methoden sehen, befragt, und um einen Vorschlag für einen effizienteren Einsatz gebeten (Tabelle 6). Diese sind in Auszügen sinngemäß im Folgenden dargestellt, auf eine methodenspezifische Zuordnung wird dabei jedoch verzichtet.

Tabelle 4: Vorteile der gewählten Methoden zur Vorausschau (Kühfuss, 2018)<sup>3</sup>

Kundenorientierung	Verständnis des Gesamtbilds
Strukturierung von Ergebnissen	Besseres Verständnis über den Kunden
Denken in Problemen und nicht in Lösungen	Einfache Vermittlung
Durch wiederholte Anwendung im Unternehmen etabliert	Aufschluss über Randbedingungen wie beispielsweise Megatrends
Öffnung des eigenen Horizonts für Erkenntnisse und Meinungen anderer Experten	Frühe Bewertung der Marktchancen, frühe Integration des Kunden in den Design Prozess
Erlangen von Kundenanforderungen	Minimierung subjektiver Einflüsse
Transparenz und Nachvollziehbarkeit	Nachhaltigkeit für Data Analytics

<sup>3</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Tabelle 5: Nachteile der gewählten Methoden zur Vorausschau (Kühfuss, 2018)<sup>4</sup>

Aufwand gegenüber Nutzen	Keine gemeinsame Sprache
Beruhren oft auf weichen Aussagen (Kundenmeinungen)	Aufbereitung der Dokumente zur Weiterverwendung
Nutzen nicht immer direkt erkennbar	Barrieren im Teilen von Wissen
Hoher Zeit- und Personalaufwand	Persönliche Meinungen auf Grundlage unsicherer Wissensbasis
Handhabung	Teilweise zu theoretisch
Belastbarkeit der Aussagen begrenzt	Hoher Erklärungsaufwand

Tabelle 6: Maßnahmen für den effizienteren Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>5</sup>

Projektspezifische Adaption der Methoden in der Produktentwicklung	Sichere Datengrundlage schaffen, Zugang zu belastbaren Eingangsgrößen
Datenzugang verbessern	Nutzen der Methoden messbar machen
Methodenanwendung um weitere Methoden ergänzen	Standardisierung der Schnittstellen zwischen Methoden
Auswahl der richtigen Methode für die jeweilige Sparte und das jeweilige Problem	Standardisierung der Vorgehensweise bei gleichzeitiger variabler Anpassung an Bedarfssituation
Reduktion von Zeit- und Personalaufwand	Verankerung der Methoden im PEP
Systematisierte Verwertung der Ergebnisse	Coaching in Methoden

Bei den Gründen zur Nicht-Anwendung von Methoden zur Vorausschau scheint insbesondere ein Mangel an Erfahrungen ausschlaggebend für die Befragten zu sein (Abbildung 4.11).

<sup>4</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>5</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

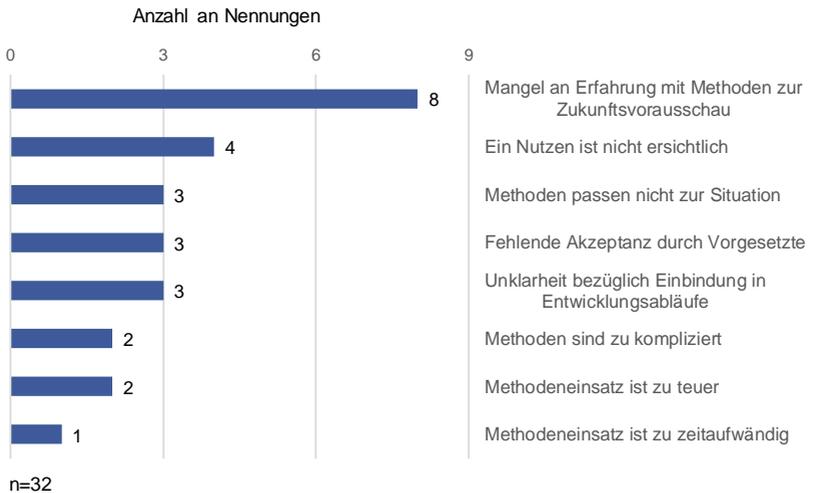


Abbildung 4.11: Gründe, weshalb keine Vorausschau-Methoden angewandt werden (Mehrfachauswahl) (Kühfuss, 2018)<sup>6</sup>

Daneben spielen Aspekte, wie ein nicht erkennbarer Nutzen der Methode oder eine vereinzelte Ablehnung dieser durch Vorgesetzte, eine wichtige Rolle für die Befragten, die die Methoden nicht verwenden. Die Teilnehmenden der Befragung wünschen sich für den Einsatz der Vorausschau in der Zukunft die in Tabelle 7 dargestellten Veränderungen.

<sup>6</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Tabelle 7: Gewünschte Veränderungen für den Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>7</sup>

Integration in den Produktentstehungsprozess	Schulungen in den Methoden
Änderung firmeninterner Abläufe, Anpassung firmeninterner Prozesse	Wissen über Vorhandensein der Methoden und besserer Zugang dazu
Zugriff auf vertrauenswürdige Datenbanken	Fehlerfrei aufbereitete Datensätze
Anwendung von Datenmanagementsystemen	Anwendung der Methoden im Management
Zeit für Fortbildungen einplanen	Durchsetzungsvermögen der Methoden im Management
Akzeptanz der Methoden durch Vorgesetzte	Methoden müssen einfach zu verstehen sein
Überzeugungsarbeit um Akzeptanz zu erreichen	Aufwand und somit die Einstiegshürde senken
Komplexität reduzieren	Methoden für die Praxis anwendbar machen

Anschließend wurden alle Befragten gebeten, die nachfolgenden Aussagen (Abbildung 4.12) zu grundsätzlichen Fragen hinsichtlich des Bedarfs und der Relevanz der Vorausschau einzuschätzen. Dabei wird deutlich, dass in Unternehmen Bedarf an Methoden zur Vorausschau besteht. Ebenso sind diese der Meinung, dass die Methoden gerade für die Produktentwicklung von hoher Relevanz sind. Diese Aussagen betonen die Relevanz des Forschungsgebietes und weisen auf einen auch in Zukunft hohen oder sogar noch steigenden Bedarf hin.

Den Methoden der Vorausschau schreiben die Befragten darüber hinaus mehrheitlich aber auch noch Optimierungspotential zu und bestätigen ihren Mehrwert insbesondere mit der Unterstützung von Entscheidungsprozessen. Dass die Methoden zur Minderung von Entwicklungsrisiken beitragen, sieht dabei weniger als die Hälfte der Befragten so, ebenso vertraut nur eine geringe Zahl uneingeschränkt auf die Aussagekraft der Methoden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass auch nur wenige Produktentwickler Vorausschau zur Validierung von neuen Produktideen einsetzen.

<sup>7</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

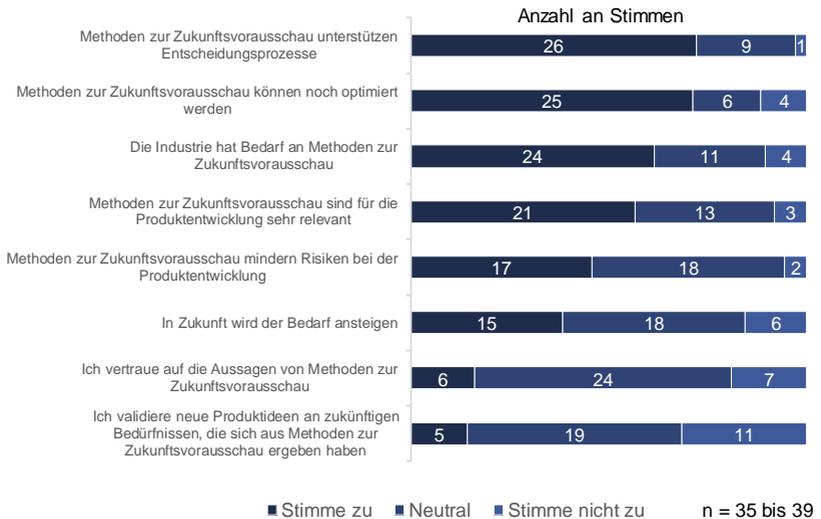


Abbildung 4.12: Einschätzung der Teilnehmer zu Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>8</sup>

Neben diesen allgemeineren Aspekten zu Methoden der Vorausschau wurden die Teilnehmenden auch speziell zum Einsatz von Szenarien befragt (Abbildung 4.13). Die Aussagen decken sich mit denen zu den allgemeineren Fragestellungen. Anwendung findet die Szenariotechnik vor allem auf der strategischen Ebene und vor der eigentlichen Produktentwicklung, während sie in ihrer operativen Durchführung kaum auftritt.

<sup>8</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Zielsystem der Systematik zur Integration von Vorausschau in der Produktentwicklung

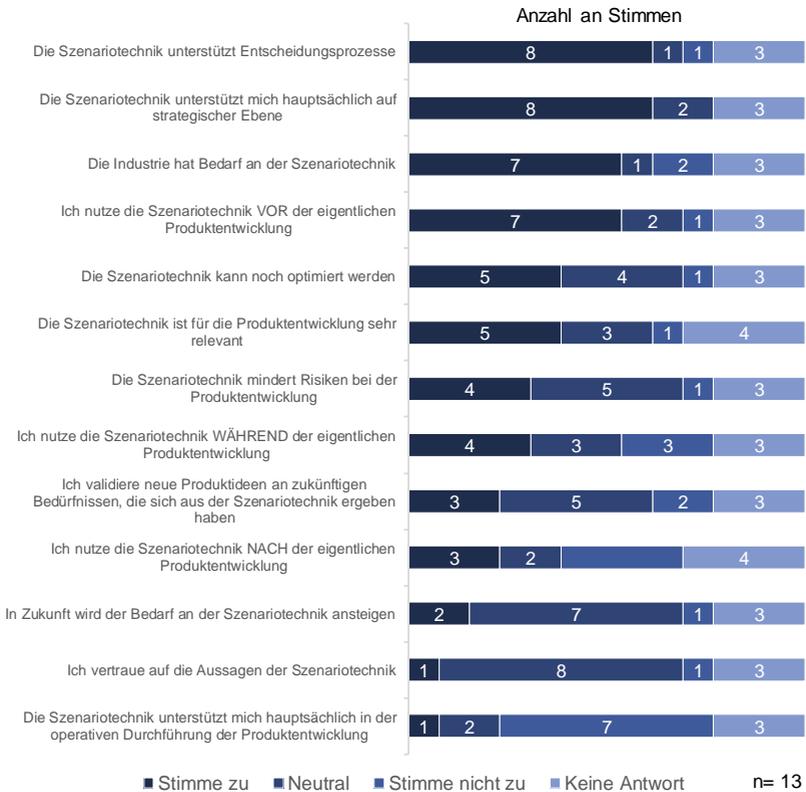


Abbildung 4.13: Einschätzung der Teilnehmer zu Szenariotechnik in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

## **4.2.2 Szenarien zur langfristigen Vorausschau in der Produktentwicklung**

Zunächst wird die Zielsetzung dieser Studie in Kapitel 4.2.2.1 formuliert sowie das Studiendesign und Studienpanel vorgestellt. Die Ergebnisvorstellung erfolgt in Kapitel 4.2.2.2.

### **4.2.2.1 Zielsetzung der Studie, Studiendesign und Studienpanel**

Zur Bedarfsermittlung von Vorausschau in der Produktentwicklung, speziell mit langfristigem Zeithorizont, wurde die hier vorgestellte Studie im Rahmen einer betreuten Masterarbeit durchgeführt (Kühfuss, 2018). Auf Einzelverweise wird daher in diesem Kapitel verzichtet.

In dieser zweiten Studie wurden Wissenschaftler und Zukunftsforschende befragt, die nicht nur Kenntnisse von der Szenario-Analyse besitzen, sondern auch mit ihr arbeiten oder gearbeitet haben. Dabei wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit ähnliche oder gleichlautende Fragestellungen gewählt. Ziel der Umfrage ist die initiale Betrachtung der Nutzung von Techniken der Vorausschau in der Praxis von Experten auf diesem Gebiet sowie die Validierung der in der ersten Umfrage erfassten Daten, der Aussagen der Experteninterviews sowie den Angaben der Produktentwickler.

Zu den insgesamt 13 teilnehmenden Probanden (18 wurden gefragt) gehören aktuelle wissenschaftliche Mitarbeiter des IPEK sowie Ehemalige, die inzwischen in Unternehmen tätig sind, Forschende des Fraunhofer ISI (Institut für System- und Innovationsforschung) sowie Vorausschau-Experten der ScMI AG (Scenario Management International). Keiner der Teilnehmer nahm an der im vorherigen Kapitel vorgestellten Studie teil. Regelmäßig nutzen acht der Befragten die Szenariotechnik im Projektgeschäft.

### **4.2.2.2 Ergebnisse und Erkenntnisse**

Die Ergebnisse der Studie stellt die folgende Tabelle 8 dar. Dabei werden die von den Studienteilnehmern genannten Vorteile, Nachteile sowie die Gründe für die Anwendung und Nicht-Anwendung zusammengefasst.

Tabelle 8: Ergebnisse der Studie zum Einsatz von Szenarien (Kühfuss, 2018)<sup>10</sup>

<b>Gründe für den Einsatz von Szenarien</b>	Zukunftsrobuste Gestaltung und Validierung von Produktprofilen (z. B. als Kombination mit Persona oder Reizbild-Methode)
	Klärung der Rahmenbedingungen der Validierung
	Forschungsarbeit
	Gezieltere Produktentwicklung
	Kreativitätsstimulation
	Eigener Geschäftszweck
<b>Vorteile bei Einsatz von Szenarien</b>	Hohe Objektivität
	Hoher Detailgrad
	Durchgängige Methodik mit reproduzierbaren und brauchbaren Ergebnissen
	Aufspannen eines großen Lösungsraumes (Denken in Alternativen)
	Möglichkeit zur Validierung von Produktprofilen
	Anregung der Kreativität
	Erzeugt ein Umdenken/Neudenken
	Vollständigkeit und Handhabbarkeit umfangreicher Informationen
	Systematisches (Schritt für Schritt) Vorgehen
	Deduktive Methode
<b>Nachteile beim Einsatz von Szenarien</b>	Zeitaufwand und Aufwand generell
	Fehleranfälligkeit
	Unklarheit über die Möglichkeiten zur Nutzung der Szenarien in der Produktentwicklung
	Änderungen sind sehr zeitaufwendig
	Keine Möglichkeit zur Validierung der Ergebnisse vor Abschluss der Methodenanwendung
	Es ist Erfahrung in der Methodenanwendung notwendig
	Es besteht das Risiko, sich in Details zu verstricken und das Gesamtbild aus dem Auge zu verlieren
<b>Gründe für Nichtverwendung von Szenarien</b>	Kosten- und Zeitaufwand
	Komplexität der Methode
	fehlende Integration in Arbeitsabläufe
	fehlende Erkenntnis eines Nutzens

<sup>10</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Analog zur ersten Umfrage wurden den Befragten darüber hinaus auch hier verschiedene Aussagen zum Einsatz von Szenarien vorgelegt, die diese einschätzen sollten (Abbildung 4.14), woran fünf von ihnen teilnahmen. Mit Kunde ist hier die Zielgruppe gemeint, die mit den Ergebnissen der Vorausschau arbeitet. Einig sind sich die Befragten dabei, dass der Kunde die Ergebnisse verstehen und nachvollziehen können muss, ebenso wie es immerhin der Mehrheit wichtig ist, dass dies auch für die dahinterstehende Methode gilt. Als wichtiger Aspekt wird das Geben von Handlungsempfehlungen angesehen sowie eine gute Darstellung der Ergebnisse, die zu einem besseren Verständnis des Kunden führt.

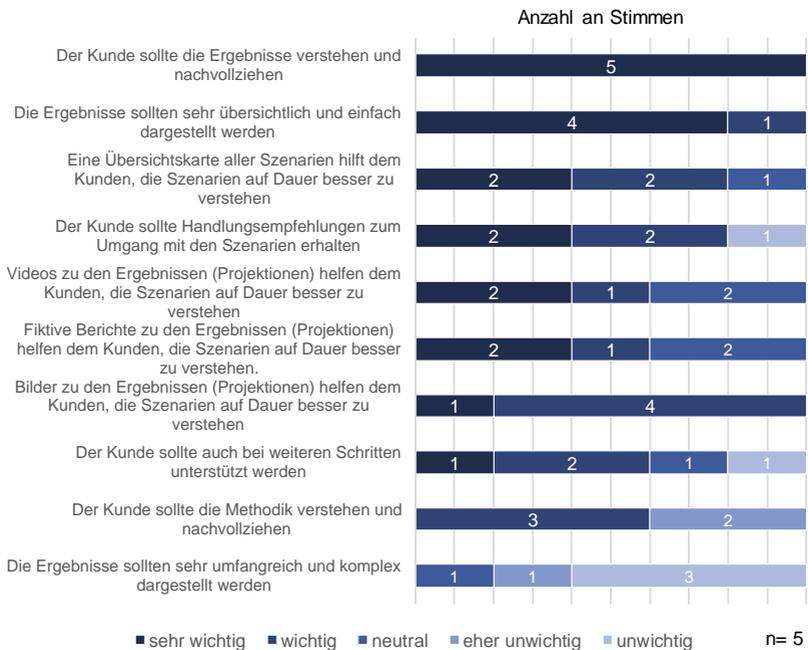


Abbildung 4.14: Bewertung von Einflussmöglichkeiten auf das Verständnis des Kunden (Kühfuss, 2018)<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Anschließend wurden den Teilnehmern dieser Studie Aussagen zum Bedarf und der Relevanz von Vorausschau in der Produktentwicklung zur Bewertung vorgelegt (Abbildung 4.15). Sie bestätigen die Angaben aus der vorangegangenen Studie in Kapitel 4.2.1. Es besteht ein umfassender Bedarf der Unternehmen an diesen Methoden. Auch hinsichtlich des vorhandenen Optimierungspotentials, der Funktion von Methoden in Entscheidungsprozessen und Situationen mit Risiko sowie des Vertrauens in die Ergebnisse, stimmen die Aussagen der Experten mit denen aus der ersten Umfrage überein. Ein Unterschied hingegen zeigt sich bezüglich der Nutzung der Methoden zur Validierung zukünftiger Bedürfnisse: Die Befragten der zweiten Umfrage wenden sie mehrheitlich dafür an, das den Schluss nahelegt, dass eine umfassende Expertise in der Methodenanwendung hier einen positiven Einfluss hat.

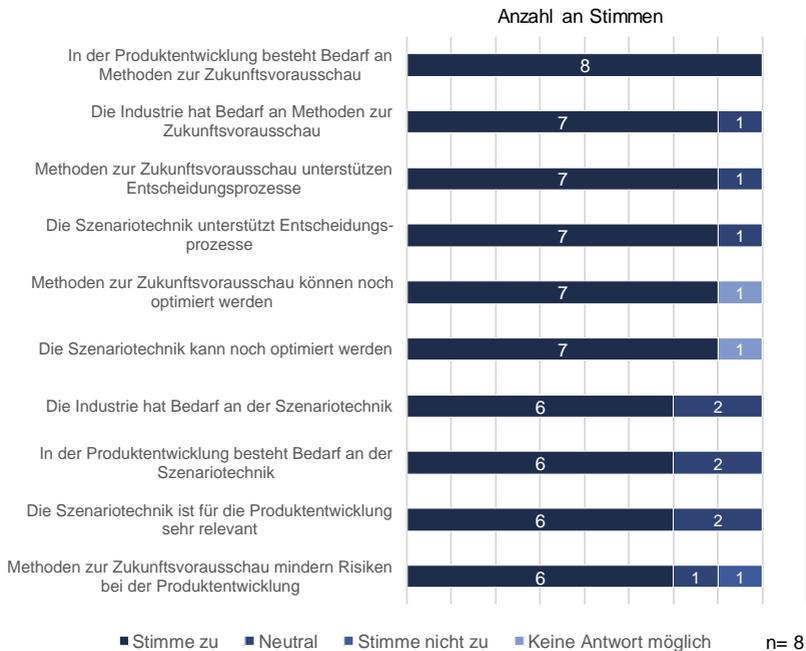


Abbildung 4.15: Einschätzung der Teilnehmenden zur Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

## **4.2.3 Vorausschau in den Frühen Phasen der Produktentwicklung**

Zunächst werden die Zielsetzung dieser Studie in Kapitel 4.2.3.1 formuliert sowie das Studiendesign und Studienpanel vorgestellt. Die Ergebnisvorstellung erfolgt in Kapitel 4.2.3.2.

### **4.2.3.1 Zielsetzung der Studie, Studiendesign und Studienpanel**

Zur Bedarfsermittlung von Vorausschau in der Produktentwicklung aus Sicht der Wissenschaftscommunity wurde eine weitere, dritte Studie im Rahmen einer betreuten Masterarbeit durchgeführt. Diese Studie hatte nicht allein zum Ziel Bedarfe der Vorausschau abzuleiten, sondern allgemeinere Bedarfe im Entwicklungsumfeld aufzuzeigen. Die Studie wurde daher in Zusammenarbeit mit weiteren Forschungskollegen durchgeführt (Kühfuss, 2018)<sup>13</sup>. Das Studienpanel setzt sich aus 18 Professorinnen und Professoren der Design Society<sup>14</sup> zusammen. Von den 18 teilnehmenden Experten haben 14 in ihrer Forschung mit Methoden der Vorausschau Berührungspunkte.

### **4.2.3.2 Ergebnisse und Erkenntnisse**

Zunächst beurteilten die Studienteilnehmer die Relevanz verschiedener Aktivitäten für erfolgreiche Produktentwicklungsprojekte sowie deren Probleme und Häufigkeiten. Für besonders relevant halten die Experten die Integration des Kunden in die Entwicklungsprozesse (Abbildung 4.16), was mit den erfragten Anforderungen auf Seiten der Produktentwicklung und Zukunftsforschenden übereinstimmt. Wichtig ist daneben auch die Anpassung und Auswahl der Methoden und ein korrektes Ausführen, wobei die Vorausschau zu den Entwicklungsmethoden zählt.

---

<sup>13</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>14</sup> Die Design Society ist eine internationale und gemeinnützige Organisation mit dem Schwerpunkt auf technischem Design und hat das Ziel Designinteressierte aus Wissenschaft und Wirtschaft zu vernetzen.

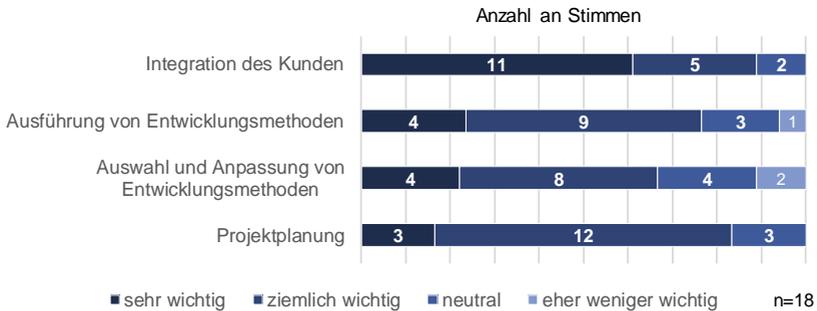


Abbildung 4.16: Relevanz von Aktivitäten für den Erfolg von Produktentwicklungsprojekten in Unternehmen (Kühfuss, 2018)<sup>15</sup>

Dies gilt ebenso für die hier als problematisch beurteilte Integration des Kunden. Probleme sehen die Experten vor allem im Austausch und in der Bereitstellung von Wissen (Abbildung 4.17) und damit genau an der Stelle, wo Methoden der Vorausschau unterstützen sollen. Deshalb ist dies von besonderer Bedeutung für den Forschungsgegenstand dieser Arbeit.

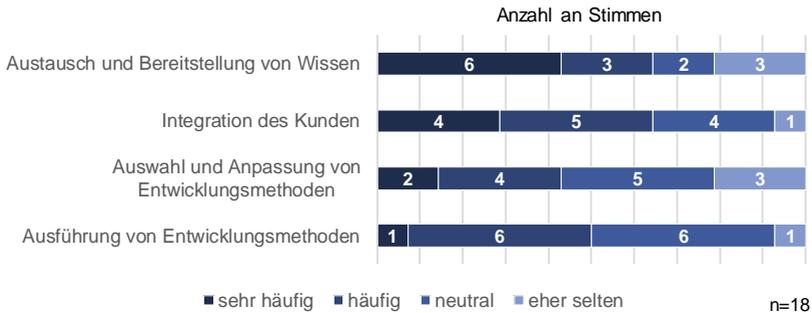


Abbildung 4.17: Häufigkeit von Problemen in den beschriebenen Aktivitäten (Kühfuss, 2018)<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>16</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Zudem wurde in der Umfrage um eine Einschätzung zu Aussagen speziell zu Methoden der Vorausschau gefragt. Dabei zeigt sich, dass der Schulung von Entwicklern zu den Methoden und eine Reduzierung ihrer Komplexität besondere Bedeutung beigemessen wird (Abbildung 4.18). Wichtig ist aber auch eine Integration in interne Prozesse, eine Reduzierung des Ressourcenaufwands und eine Kombination von Methoden – und entspricht damit den Ergebnissen der eigenen Studien.

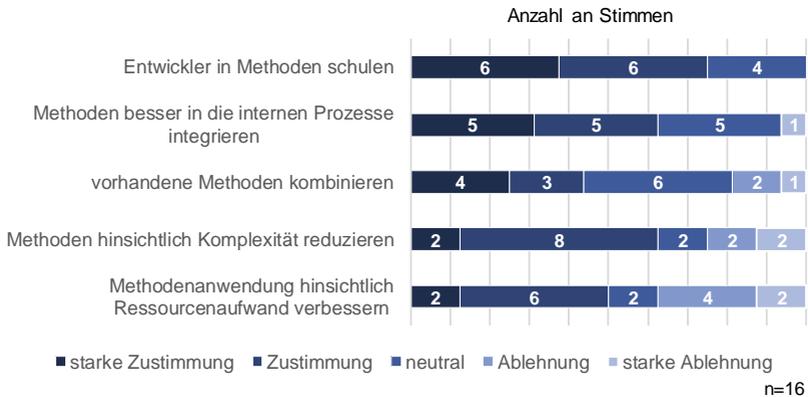


Abbildung 4.18: Bewertung von Anforderungen der Produktentwicklung an Vorausschau (Kühfuss, 2018)<sup>17</sup>

Mit Blick auf den Kunden wird der Integration dessens in die Produktvalidierung der Frühen Phase ein starker Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Entwicklungsprojektes zugestanden, aber gleichzeitig auch angegeben, dass gerade dies in der Praxis oft vernachlässigt wird, was zu einem Verlust von Erfolgspotential führt (Abbildung 4.19).

<sup>17</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)



Abbildung 4.19: Bewertung von Aussagen zur Kundeneinbindung in der Frühen Phase der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>18</sup>

Nach ihrer Meinung zu der zukünftigen Bedeutung, Entwicklung und Herausforderung befragt, gaben die Teilnehmenden mehrheitlich an, dass sie nicht glauben, dass eine Vorausschau in 10 Jahren besser als zurzeit durchgeführt werden kann. Dies liege an der zunehmenden Geschwindigkeit von Veränderungen sowie Entwicklungsprozessen, einer zu hohen Anzahl an Umfeldfaktoren oder einer zu großen Unsicherheit in der Welt, um gute Aussagen treffen zu können. Es gab allerdings auch Experten, die eine Verbesserung für möglich halten, zum Beispiel durch Big Data oder Internet of Things und damit den Zugang und die Grundlage von Daten als entscheidende Erfolgsfaktoren beurteilen. Zwar erwartet die Mehrheit keine Verbesserung, dafür jedoch eine zunehmende Anwendung dieser Ansätze für die Vorausschau. Dies gilt auch bezüglich des Einsatzes von künstlicher Intelligenz, lernenden Simulationen, um genauere Aussagen auf Basis von einer höheren Anzahl von Aspekten der Zukunftsbetrachtung, der stärkeren Integration des Kunden sowie einer klareren Fokussierung auf die Zuverlässigkeit von Eingangsgrößen einzubeziehen.

Als die größten Herausforderungen sehen die Experten, das Einbringen von Wissen aus vorangegangenen Produktgenerationen in aktuelle Projekte, z. B. in Form von Dokumentationen, der Speicherung von Wissen und Best-Practice Anwendungen und einem Verlust an diesem durch eine Fluktuation der Mitarbeiter, fehlender Abschlussdokumentationen und der notwendigen Zeit, um relevante Informationen zu beschaffen.

<sup>18</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

### 4.3 Zwei-stufige Expertenstudie zur Ableitung von Erfolgsfaktoren zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung

Zur Ableitung von Erfolgsfaktoren, die an eine Systematik zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung gestellt werden, erfolgt basierend auf den in den Primär- und Sekundärstudien generierten Erkenntnissen eine, an eine Delphi-Studie angelehnte, zweistufige Expertenstudie. Der dazu zugrunde gelegte Aufbau ist in der folgenden Abbildung 4.20 dargestellt.



Abbildung 4.20: Vorgehen zur zweistufigen Expertenstudie (Orsolani Uhlig, 2019)<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

### **4.3.1 Erste Runde der Expertenstudie**

Zunächst wird die Zielsetzung dieser Studie in Kapitel 4.3.1.1 formuliert sowie das Studiendesign und Studienpanel vorgestellt. Die Ergebnisvorstellung erfolgt in Kapitel 4.3.1.2.

#### **4.3.1.1 Zielsetzung der Studie, Studiendesign und Studienpanel**

Zur qualitativen Bestimmung der Erfolgsfaktoren erfolgen fünf teil-strukturierte Interviews aus unterschiedlichen Bereichen. Nach erfolgter Durchführung der qualitativen Experteninterviews werden die Ergebnisse konsolidiert und in Erfolgsfaktoren überführt. Die Interviews zielen darauf ab, den Forschungsgegenstand möglichst tief zu durchdringen. Die Interviewdauer beträgt deshalb zwischen 90 Minuten und zwei Stunden. Einzelinterviews werden bevorzugt durchgeführt, da nach Griffin und Hauser (1993) das abgeschöpfte Wissen deutlich höher ist als in Gruppeninterviews. Dabei werden nicht nur Experten aus der Produktentwicklung interviewt, sondern gerade auch Schnittstellenbereiche adressiert. Folgende Experten werden dazu befragt:

- Prof. Hans-Jörg Bullinger – Innovationsexperte (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018)
- Dr. Ewa Dönitz – Vorausschau-Expertin (Interview mit Ewa J. Dönitz, Juli 2018)
- Dr. Wolfgang Burger – Autor und Produktentwickler (Interview mit Wolfgang Burger, Juni 2018)
- Wolfgang Walk – Spieleentwickler und Produktentwickler (Interview mit Wolfgang Walk, März 2018)
- Experten aus den Bereichen Entwicklungsstrategie und Projektmanagement (Interview mit Anonyme Interviewpartner, August 2018)

Die Interviews wurden im Rahmen einer betreuten Masterarbeit durchgeführt (Kühfuss, 2018). Auf Einzelverweise wird daher in diesem Kapitel verzichtet. Im Folgenden werden die einzelnen Aussagen der Interviewpartner in gegenseitigen Kontext gestellt und geclustert. Die Vorstellung erfolgt themenspezifisch. Zunächst werden die Ziele und der Mehrwert von Vorausschau beleuchtet. Anschließend werden Gründe für Akzeptanzprobleme von Vorausschau vorgestellt. Im Weiteren wird die

Relevanz der Integration von Vorausschau in die Unternehmensprozesse sowie die Integration der internen und externen Kunden in den Vorausschauprozess diskutiert. Abschließend wird Vorausschau im Kontext von Kreativität beleuchtet.

#### **4.3.1.2 Ergebnisse und Erkenntnisse**

Das größte Risiko in der Produktentwicklung ist die Gefahr am Markt vorbei zu entwickeln. Dies liegt darin begründet, dass die einer Produktentwicklung zugrundeliegende Wissensbasis in der Frühen Phase am unsichersten ist (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018). Die Ziele einer Produktentwicklung müssen deshalb frühzeitig und kontinuierlich validiert werden (Interview mit Anonyme Interviewpartner, August 2018). Das Ziel von Vorausschau ist es, in der Frühen Phase Informationen bereitzustellen. Die generierten Vorausschauerkenntnisse dienen als Grundlage zur Diskussion über Fragen der Zukunft (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018). Selbst bei kurz- und mittelfristigem Zeithorizont kann deshalb nicht auf Vorausschau verzichtet werden. Das wichtigste Element des Vorausschauprozesses ist die Diskussion, da so ein gemeinsames Verständnis über die möglichen zukünftigen Entwicklungen geschaffen werden kann (Interview mit Ewa J. Dönitz, Juli 2018). Die Zukunftsbilder müssen dazu durch eine Variation der Annahmen entwickelt werden, um so die Diskussion der Produktentwickler zu stimulieren (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018).

Trotz der Vorteile von Vorausschau ist die fehlende Akzeptanz ein großes Problem. Dies ist vor allem darin begründet, dass zwar die mit Vorausschau generierten Aufwände gut quantifiziert werden können, der Nutzen sich jedoch nur sehr schwer messbar machen lässt (Interview mit Ewa J. Dönitz, Juli 2018). Die Akzeptanz gegenüber Vorausschau kann durch Positivbeispiele gesteigert werden (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018). Diese retrospektive Betrachtung der Anwendung von Vorausschau ermöglicht das Aufzeigen gemeinsam erzielter Erfolge (Interview mit Anonyme Interviewpartner, August 2018). Zur Reduktion der Akzeptanzbarriere spielt der Prozess der Informationsaufnahme eine besondere Rolle. Die bestimmten WahrnehmungsfILTER sind zu identifizieren und Barrieren zu überwinden (Interview mit Ewa J. Dönitz, Juli 2018). Das Hauptproblem ist jedoch nicht die Aufbereitung der generierten Erkenntnisse, sondern vielmehr die Partizipation. Der Einsatz fremdentwickelter Szenarien wird nicht funktionieren. Entwickler sind oft schwer zu überzeugen. Die durch Vorausschau generierten Informationen erweitern die Datenbasis zur Entscheidungsfindung. Zur Steigerung der Akzeptanz muss deshalb dieser Mehrwert den Entwicklern eingängig vermittelt werden (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018).

Der durchgängigen Integration von Vorausschau in die Unternehmensprozesse ist entscheidend für die Wirksamkeit der eingesetzten Vorausschau. Dazu sind zunächst klare Zuständigkeit und Schnittstellen zwischen den involvierten Bereichen zu definieren. Vorausschau ist durchgängig in den Produktentstehungsprozess zu integrieren. Dazu sollte Vorausschau im Gatekeeping-Prozess verankert werden, sodass Erkenntnisse aus der Vorausschau bei der Meilensteinfreigabe einfließen. Die Einbindung von Vorausschau muss dazu zu Beginn von Entwicklungsprojekten am stärksten sein und kann mit abnehmender Unsicherheit kontinuierlich abnehmen (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018). So ist die Einbindung von Vorausschau in der Vorentwicklung vor allem bei der Produktprofilfindung sowie der Validierung von Produktprofilen und Ideen besonders relevant. Zur Durchführung dieser Aktivitäten sind im Produktentstehungsprozess entsprechende Kapazitäten einzuräumen (Interview mit Anonyme Interviewpartner, August 2018). Die Integration von externen und internen Kunden in den Vorausschauprozess ist unerlässlich (Interview mit Ewa J. Dönitz, Juli 2018). So ist das Vertrauen gegenüber der Vorausschau nur sehr gering, wenn keine Beteiligung erfolgt und nur finale Ergebnisse präsentiert werden (Interview mit Anonyme Interviewpartner, August 2018). Die Akzeptanz gegenüber Vorausschau ist deutlich größer, wenn der Einsatz der Instrumente zur Vorausschau gemeinsam erfolgt. Neben den Entwicklern (interne Kunden) kann auch die Integration von externen Kunden (Anwender und Nutzer der entwickelten Produkte) ein Mehrwert generiert werden (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018). Intrinsische Motivation kann durch das direkte Erleben von Vorausschau erreicht werden. Dazu muss eine emotionale Bindung mit der Vorausschau geschaffen werden (Interview mit Wolfgang Walk, März 2018).

Vorausschau ist dann als kreative Stimuli für die Generierung von Produktprofilen und -ideen hilfreich, wenn eine Begeisterung beziehungsweise emotionale Bindung mit den gezeichneten Zukunftswelten erreicht werden (Interview mit Wolfgang Burger, Juni 2018). Dabei sind besonders potentielle Probleme der Zukunft herauszustellen (Interview mit Anonyme Interviewpartner, August 2018). Die Zukunftsbilder können deshalb durchaus konfliktorientiert beschrieben werden, um die Produktentwickler anzuregen, Lösungen zu entwickeln (Interview mit Wolfgang Walk, März 2018). Weiterhin sind die durch die Vorausschau generierten Makroerkenntnisse auf für die Produktentwicklung nutzbare Handlungsempfehlungen zu konkretisieren (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018). Dabei muss der Brückenschlag zwischen den entwickelten Zukunftsbildern und hin zu konkreten Entwicklungsaufträgen gelingen (Interview mit Anonyme Interviewpartner, August 2018). Methoden der Vorausschau sind situationsspezifisch auszuwählen und zu adaptieren (Interview mit Ewa J. Dönitz, Juli 2018). Neben der Technikvorausschau ist ebenso ein besonderer Fokus auf die zukünftigen Veränderungen des Marktumfelds erforderlich (Interview mit Hans-Jörg Bullinger, Mai 2018).

Die Experteninterviews beleuchten aus unterschiedlichen Blickrichtungen, welche Anforderungen an den Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung bestehen, welche Potentiale damit gehoben werden können und wie die Integration sowie die Nutzbarmachung von Vorausschau in der Produktentwicklung gelingen kann. Dazu werden in der folgenden Tabelle 9 auszugsweise Erkenntnisse aufbereitet und in der Reihenfolge *Ursache – Folge – Abgeleitete Erkenntnisse* dargestellt.

Tabelle 9: Erkenntnisse der Expertenstudie (Kühfuss, 2018)<sup>20</sup>

Ursache	Folgen	Abgeleitete Erkenntnisse
<b>Fehlende Erfahrung</b> von <b>Vorausschau</b> in der PE	<b>Fehlendes Verständnis</b> , erschwerte Integration in Prozesse	<b>Akzeptanz schaffen</b> durch Methodenkompetenz
<b>Vorausschau-Prozesse</b> zu <b>komplex</b>	<b>Fehlendes Verständnis</b> , erschwerte Integration in Prozesse	<b>Komplexität reduzieren</b>
<b>Fokus</b> auf <b>Technikvorausschau</b>	<b>Eingeschränkte Betrachtung</b> der Zukunft	(Markt-)Umfeld <b>betrachtung</b> in der Produktentwicklung <b>durchführen</b>
Hoher <b>Zeit-</b> und <b>Kostenaufwand</b>	Einsatz schwer zu rechtfertigen ( <b>Aufwand/Nutzen</b> )	<b>Aufwand reduzieren</b> oder rechtfertigen
<b>Unklarheit</b> über Prozess, Beteiligte, Aussagekraft und Informationsursprung	Fehlendes <b>Vertrauen</b> und geringe <b>Akzeptanz</b>	Vertrauen schaffen, Stakeholder integrieren, Vorausschau in Produktentstehungsprozess integrieren
keine (einheitliche) <b>Dokumentation</b> der Vorausschau-Ergebnisse	<b>Unzureichende Wissensbasis</b> in der frühen Phase in Entwicklungsprozess	<b>Zugang zu Wissen schaffen</b>
<b>Fehleinschätzungen</b> von Marktbedürfnissen	Am Markt vorbeientwickeln	<b>Umgang</b> mit Chancen- und Risiken <b>verbessern</b>
Vorausschauergebnisse sind <b>nicht entwicklungsspezifisch</b>	Einsatz von Vorausschau in PE wird oft als nicht zielführend erachtet.	<b>Entwicklergerechte Aufbereitung</b> der Ergebnisse erarbeiten
<b>Geringe Wissensbasis</b> in früher Phase	Höheres <b>Risiko</b> in früher Phase für <b>Fehlentscheidungen</b>	<b>Unterstützung</b> der frühen Phase durch Aufbau einer Wissensbasis, Erkennen der Risiken
Rahmenbedingungen variieren	Eine Methode deckt nicht alle Situationen ab	<b>Situationsspezifische Methodenwahl</b>

<sup>20</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Außerdem erfolgt im Rahmen eines Expertenworkshops mit Vertretern der ScMI AG sowie Methodenforschern aus dem Bereich Entwicklungs- und Innovationsmanagement die Überführung der Erkenntnisse in Erfolgsfaktoren, die an eine Systematik gestellt werden, die die Integration von Vorausschau in die Produktentwicklung ermöglicht. Mit dem Ziel eine Systematik zu entwickeln, die auf unterschiedliche Systeme und Anwendungsbereiche zu übertragen ist sowie den Anspruch hat in Unternehmensprozesse integriert zu werden, erfolgt die Kategorisierung der Erfolgsfaktoren in Methoden, Systeme und Prozesse.

Tabelle 10: Erfolgsfaktoren, die die zu entwickelnde Systematik auszeichnet (Kühfuss, 2018)<sup>21</sup>

Handlungsfeld	Erfolgsfaktor
<b>Methoden:</b>  Das Handlungsfeld Methoden beschreibt die grundlegenden Anforderungen, die an das Methodendesign, die Methodendurchführung sowie an den Umgang mit den Ergebnissen gestellt werden.	M1: Die Systematik muss Akzeptanz und Vertrauen in die Durchführung und Ergebnisse der Vorausschau in der Produktentwicklung schaffen.
	M2: Die Systematik muss die Vorteile der Anwendung von Vorausschau gegenüber der Nicht-Anwendung trotz hoher Initialaufwände aufzeigen.
	M3: Die Systematik muss für den Produktentwickler intuitiv anwendbar sein.
	M4: Die Systematik muss in nachvollziehbaren Schritten gegliedert sein.
	M5: Die Systematik muss Umfeldbetrachtungen (primär Markt, sekundär Branche, Wettbewerb und Technologie sowie tertiär Politik) beinhalten.
	M6: Die Systematik muss den bewussten Umgang mit Chancen- und Risiken von Entwicklungsumfängen ermöglichen und damit die richtige Priorisierung einzelner Entwicklungsumfänge auf die verschiedenen Produkte und Produktgenerationen sicherstellen.
	M7: Die Systematik muss die Ergebnisse der Vorausschau so aufbereiten, dass der Entwickler in fokussierten und definierten Suchfeldern sein Kreativitätspotential entfalten kann.
	M8: Die Systematik muss die Konsistenz zur Unternehmensstrategie sicherstellen.
	M9: Die Systematik muss den Abgleich mit der Entwicklungshistorie bzw. abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicherstellen.
	M10: Die Systematik muss das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien ermöglichen und damit die Produktdifferenzierung sicherstellen.
<b>System:</b>  Das Handlungsfeld System beschreibt die Notwendigkeit der Berücksichtigung unterschiedlicher Systemcharakteristika in der Anwendung der Systematik.	S1: Die Systematik muss den Anker der Gegenwart lösen und das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft ausrichten.
	S2: Die Systematik muss den Brückenschlag zwischen konkreten Vorausschauergebnissen und den Anforderungen an ein zukünftiges Produkt auf technischer Teilsystemen ermöglichen.
	S3: Die Systematik muss eine hohe Qualität der Input- und Output-Informationen im Kontext des Systems in Development sicherstellen.
	S4: Die Systematik muss für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrere aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar sein.
<b>Prozesse:</b>  Das Handlungsfeld Prozesse beschreibt die Einbindung der Systematik in die bestehenden Prozesse und Organisationsstruktur.	P1: Die Systematik muss die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess ermöglichen.
	P2: Die Systematik muss die Integration der externen Kunden (Anwender und Kunde) in den Vorausschauprozess ermöglichen.
	P3: Die Systematik muss die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse anregen.
	P4: Die Systematik lässt sich in bestehende Prozesse der Produktentwicklung integrieren beziehungsweise angliedern.
	P5: Die Systematik muss über klare Schnittstellen zwischen der Strategischen Produktplanung und Produktentwicklung verfügen und eine klare Rollenverteilung definieren.
	P6: Die Systematik muss die systematische Verwertung des generierten Umfeld- und Produktwissens über mehrere Produktgenerationen ermöglichen.

<sup>21</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

### 4.3.2 Zweite Runde der Expertenstudie

Zunächst wird die Zielsetzung dieser Studie in Kapitel 4.3.2.1 formuliert sowie das Studiendesign und Studienpanel vorgestellt. Die Ergebnisvorstellung erfolgt in Kapitel 4.3.2.2.

#### 4.3.2.1 Zielsetzung der Studie, Studiendesign und Studienpanel

Wie in Abbildung 4.20 aufgeführt, erfolgt in der zweiten Runde der Expertenstudie die Relevanzanalyse der 20 Erfolgsfaktoren. Dabei werden Experten ausgewählt, die in unterschiedlichen Branchen und Unternehmen unterschiedlicher Größen tätig sind. In Abbildung 4.21 wird das Studienpanel beschrieben. (Marthaler, Orsolani Uhlig, et al., 2019)

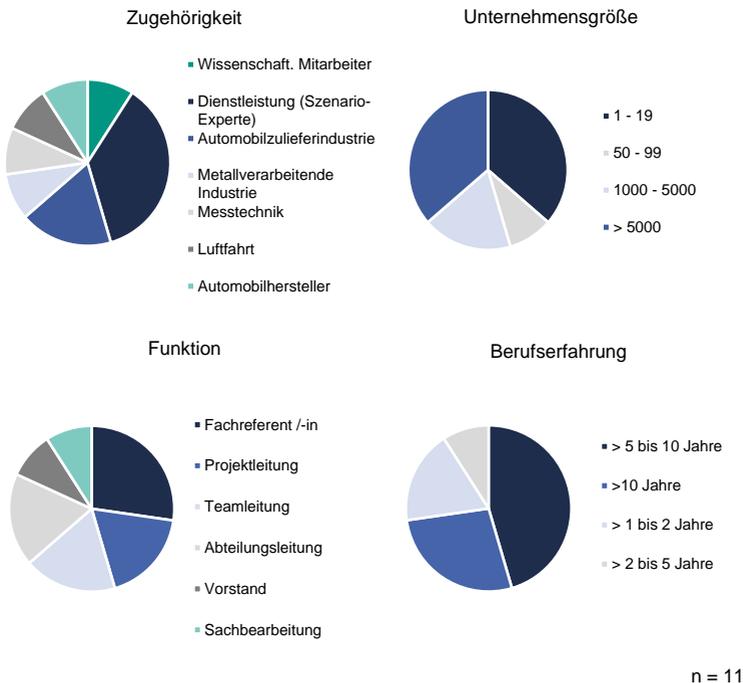


Abbildung 4.21: Studienpanel der Expertenstudie (Orsolani Uhlig, 2019)<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Elf Experten mit fundierten Kenntnissen in der Produktentwicklung nehmen an der Studie teil und haben Vorkenntnisse zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung. Über 70 % der Experten können mindestens fünf Jahre Berufserfahrung aufweisen. Darüber hinaus sind diese in Unternehmen unterschiedlicher Größe beschäftigt.

#### 4.3.2.2 Ergebnisse und Erkenntnisse

Abbildung 4.22 fasst die Antworten der Experten, dargestellt als Boxplot-Diagramm, zusammen. Die Experten bewerten dazu die Relevanz der Erfolgsfaktoren auf einer symmetrischen fünfer Likert-Skala, wobei der Wert fünf einer sehr hohen Relevanz und der Wert eins einer sehr geringen Relevanz entspricht.

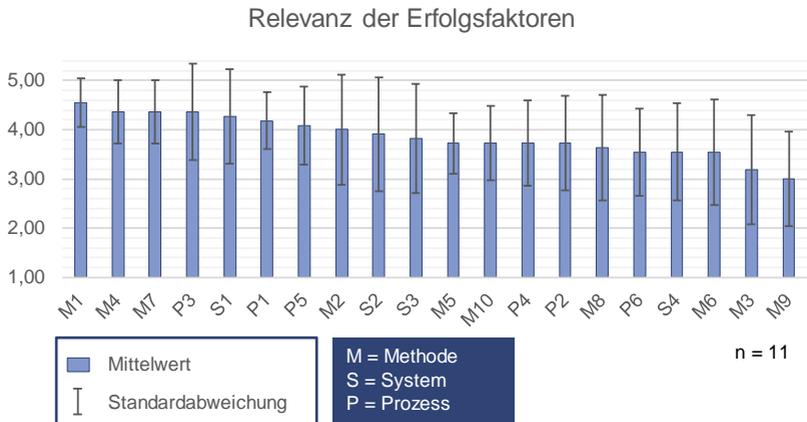


Abbildung 4.22: Relevanz der Erfolgsfaktoren (Orsolani Uhlig, 2019)<sup>23</sup>

Insgesamt zeigt sich, dass die Experten die Erfolgsfaktoren durchgängig als relevant erachten: Im Handlungsfeld Methode sind die Akzeptanz und das Vertrauen in die Ergebnisse am wichtigsten, für die die Vorteile den hohen Initialaufwand jedoch bestätigen müssen. Daneben bedarf es einer nachvollziehbar gegliederten Systematik, die Kreativität schafft. Im Handlungsfeld System kommt es vor allem auf ein zukunftsorientiertes Denken sowie das Verbinden der Ergebnisse der Vorausschau mit den Anforderungen an ein zukünftiges Produkt auf Ebene der technischen Teilsysteme an. Für das Handlungsfeld Prozess besitzt die Integration interner Kunden

<sup>23</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

(z. B. Produktentwicklung, Manager, usw.) in den Vorausschauprozess oberste Priorität, aber auch die von externen Kunden ist relevant.

#### 4.4 Zwischenfazit

Die in Kapitel 4.1 durchgeführte Data Mining Analyse zeigt allgemeine Wechselwirkungen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung auf. Darauf aufbauend wurden die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Primärstudien in Kapitel 4.2 konzipiert. In Kapitel 4.3 erfolgte die qualitative Identifikation der Erfolgsfaktoren sowie deren quantifizierte Relevanzanalyse. Der Forschungsbedarf zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung kann zusammenfassend Abbildung 4.23 entnommen werden.

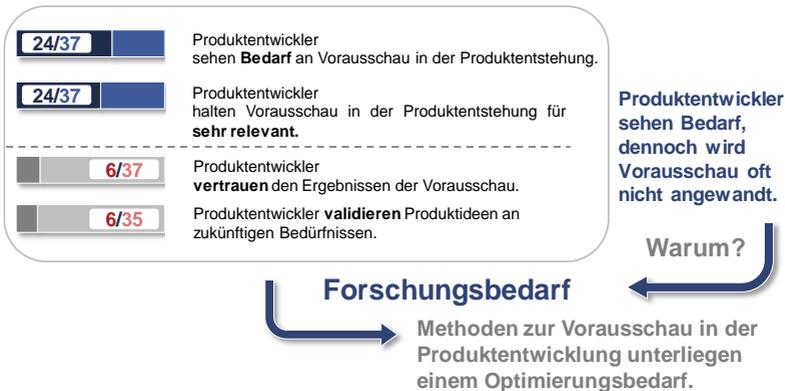


Abbildung 4.23: Konsolidierung des Bedarfs an Vorausschau in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>24</sup>

Nach der Identifizierung der Erfolgsfaktoren müssen diese in konkrete Maßnahmen und eine entsprechende Systematik umgesetzt werden. Dabei ist es von zentraler Bedeutung die Vorausschau und Produktentwicklung zusammenzubringen, da während der Produktentwicklung aus den Ergebnissen der Vorausschau die Eigenschaften und Entwicklungsumfänge der relevanten technischen Teilsysteme abgeschätzt werden müssen. Dies erfordert eine direkte, sinnvolle und regelbasierte

<sup>24</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Übertragung der in der Vorausschau erstellten Zukunftsbilder. Sorgsam aufgearbeitete Handlungsempfehlungen können in Kombination mit Umfeldanforderungen das Erkennen und Priorisieren der Entwicklungsumfänge erleichtern (Albers, Dumitrescu, et al., 2018). Die in die drei Handlungsfelder (*Methoden*, *System* und *Prozess*) kategorisierten Erfolgsfaktoren dienen im Folgenden als Grundlage für die zu entwickelnde Systematik mit dem Ziel den Produktentwickler zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung zu befähigen.



## **5 Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau**

In Kapitel 5 erfolgt die Vorstellung der präskriptiven Studien. Ziel dieser ist die Beantwortung der in Kapitel 3.1.1 formulierten Forschungsfrage:

2. Welche Systematik ist notwendig, um eine Entwicklung über mehrere aufeinanderfolgende Produktgenerationen mit strategischem Zeithorizont durch Vorausschau zu ermöglichen?

Die Entwicklung der Systematik erfolgt durch Interpretation der in Kapitel 4.3.2 identifizierten Erfolgsfaktoren. Gemäß der in Kapitel 3.2.1 vorgestellten „Spiral of Applied Research“ wird in Kapitel 5 die entwickelte Systematik gesamthaft vorgestellt. Dazu werden folgende Teilfragen zur Spezifikation abgeleitet.

- 2.1. Wie lassen sich die Erfolgsfaktoren interpretieren und in Maßnahmen, Elemente und Teilschritte der Systematik überführen?
- 2.2. Wie gestaltet sich auf Basis dieser Erkenntnisse eine Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung?

### **5.1 Systematische Operationalisierung der Erfolgsfaktoren**

In diesem Kapitel werden die Erfolgsfaktoren aus der deskriptiven Studie interpretiert. Diese stellen die Grundlage für die zu entwickelnde Systematik dar. Die Interpretation erfolgt im Rahmen eines Expertenworkshops mit Vertretern der ScMI AG sowie Methodenforschern aus dem Bereich Entwicklungs- und Innovationsmanagement. Die Ergebnisse werden in Tabelle 11 und Tabelle 12 veranschaulicht.

Tabelle 11: Maßnahmen zur Operationalisierung der Erfolgsfaktoren (Teil 1)

Erfolgsfaktor	Interpretationen zur Operationalisierung
<b>M1: Die Systematik muss Akzeptanz und Vertrauen in die Durchführung und Ergebnisse der Vorausschau in der Produktentwicklung schaffen.</b>	Um die Systematik zielführend anwenden zu können, muss bereits vorab Vertrauen in Vorausschau geschaffen werden. Die Systematik muss das Vertrauen rechtfertigen.
<b>M2: Die Systematik muss die Vorteile der Anwendung von Vorausschau gegenüber der Nicht-Anwendung trotz hoher Initialaufwände aufzeigen.</b>	Die Systematik muss konkrete, handhabbare Ergebnisse liefern.
<b>M3: Die Systematik muss für den Produktentwickler intuitiv anwendbar sein.</b>	Die Systematik muss in klare, lineare Schritte gegliedert werden. Ein unterstützendes Tool kann dazu beitragen, dass sich der Produktentwickler mehr auf die Inhalte selbst und weniger auf die Methode konzentrieren kann. Dabei ist anzustreben, dass die Repräsentation der Systematik mit dem zugrundeliegenden Vorgehen möglichst übereinstimmt.
<b>M4: Die Systematik muss in nachvollziehbaren Schritten gegliedert sein.</b>	
<b>M5: Die Systematik muss Umfeldbetrachtungen (primär Markt, sekundär Branche, Wettbewerb und Technologie sowie tertiär Politik) beinhalten.</b>	Je nach Entwicklungsziel ist eine passende Umfeldbetrachtung zu wählen. Ebenso müssen für die verschiedenen Planungshorizonte die passenden Methoden des Zukunftsmanagements eingesetzt werden (Prognosen, Trends und Szenarien). Wird ein Market-Pull-Vorgehen forciert sind beispielsweise Marktumfeldszenarien abzuleiten.
<b>M6: Die Systematik muss den bewussten Umgang mit Chancen- und Risiken von Entwicklungsumfängen ermöglichen und damit die richtige Priorisierung einzelner Entwicklungsumfänge auf die verschiedenen Produkte und Produktgenerationen sicherstellen.</b>	Ein konkretes Teilergebnis der Systematik müssen bewertete Potentiale hinsichtlich deren Chancen und Risiken sein. Es müssen Kennzahlen definiert werden, die die Entscheidungsfindung unter Unsicherheit ermöglichen.
<b>M7: Die Systematik muss die Ergebnisse der Vorausschau so aufbereiten, dass der Entwickler in fokussierten und definierten Suchfeldern sein Kreativitätspotential entfalten kann.</b>	Die durch die Anwendung der Systematik erzielten Ergebnisse der Vorausschau müssen auf möglichst handhabbare Weise dargestellt werden, um bei deren Weiterverarbeitung möglichst wenige Chunks der Produktentwickler zu binden.
<b>M8: Die Systematik muss die Konsistenz zur Unternehmensstrategie sicherstellen.</b>	Die generierten Ergebnisse sind mit der Unternehmensstrategie bzw. den Kompetenzen der Unternehmen abzugleichen. Sind diese inkonsistent, so sind Maßnahmen zu definieren.
<b>M9: Die Systematik muss den Abgleich mit der Entwicklungshistorie bzw. abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicherstellen.</b>	Die generierten Ergebnisse sind mit der Entwicklungshistorie abzugleichen. Es ist beispielsweise zu berücksichtigen, welche Produkteigenschaften, Funktionen und Teilsysteme erst in der vorhergehenden Produktgeneration variiert wurden. So wäre beispielsweise eine erneute Variation der gleichen Produkteigenschaften eher weniger zu empfehlen.
<b>M10: Die Systematik muss das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien ermöglichen und damit die Produktdifferenzierung sicherstellen.</b>	Die Systematik muss zum einen den Wettbewerbskontext integrieren und zum anderen auch auf Wettbewerber anwendbar sein, um mögliche Wettbewerbsstrategien abschätzen zu können.

Tabelle 12: Maßnahmen zur Operationalisierung der Erfolgsfaktoren (Teil 2)

Erfolgsfaktor	Interpretationen zur Operationalisierung
S1: Die Systematik muss den Anker der Gegenwart lösen und das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft ausrichten.	Die Systematik muss einen expliziten Schritt vorsehen, der dazu dient, zukünftig relevante Produkteigenschaften abzuleiten. Dazu muss der Rückgriff auf die Methoden des Zukunftsmanagements ermöglicht werden.
S2: Die Systematik muss den Brückenschlag zwischen konkreten Vorausschauergebnissen und den Anforderungen an ein zukünftiges Produkt auf technischen Teilsystemebenen ermöglichen.	Die Systematik muss den Bezug zwischen den heutigen Produkten und Unternehmenskompetenzen und den zukünftig relevanten Produkteigenschaften herstellen. Dazu müssen die identifizierten Produkteigenschaften bewertet werden und schrittweise hinzu konkreten Entwicklungsaufträgen überführt werden.
S3: Die Systematik muss eine hohe Qualität der Input- und Output-Informationen im Kontext des Systems in Development sicherstellen.	Die Systematik selbst kann keine In- und Output-Qualität sicherstellen. Vielmehr können jedoch bei den mithilfe der Systematik generierten Ergebnissen zum Beispiel Hinweise zur statistischen Varianz gegeben werden. Zum Sicherstellen einer hohen Qualität müssen die Input- und Output-Informationen durch die Integration von Methodenexperten und Experten des Systems in Development abgesichert werden.
S4: Die Systematik muss für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrere aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar sein.	Die Systematik muss so gestaltet werden, dass keine diskreten Zeiträume betrachtet werden müssen, sondern individuell je nach Produktlebenszyklen kurzfristige, mittelfristige und langfristige Zeiträume definiert werden können.
P1: Die Systematik muss die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess ermöglichen.	In Unternehmen wird Vorausschau meist von unterschiedlichen Personen verantwortet. Deshalb muss sichergestellt werden, dass die generierten (Teil-)Ergebnisse zu jeder Zeit dokumentiert sind und einfach nachvollzogen werden können.
P2: Die Systematik muss die Integration der externen Kunden (Anwender und Kunde) in den Vorausschauprozess ermöglichen.	Bestehende Methoden zur Identifikation von Produktanforderungen (zum Beispiel Persona-Methode, Kunden-Interviews, Kunden-Beobachtung) können als Teil der Systematik zum Finden relevanter Produkteigenschaften eingesetzt werden. Ziel soll es nicht sein die bestehenden Methoden zu hinterfragen, sondern in ein übergreifendes Konzept einzubinden.
P3: Die Systematik muss die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse anregen.	Die Systematik muss als Teilergebnisse übersichtliche Diskussionsgrundlagen liefern, sodass die Entwickler zur Diskussion angeregt werden und zukünftig relevante Produkteigenschaften identifizieren und bewerten.
P4: Die Systematik lässt sich in bestehende Prozesse der Produktentwicklung integrieren beziehungsweise angliedern.	Die mithilfe der Systematik generierten Ergebnisse müssen so aufbereitet werden, dass diese möglichst einfach und nachvollziehbar und mehrwertstiftend für Folgeprozesse (z.B. Definition Vorentwicklungsstrategie) eingesetzt werden können.
P5: Die Systematik muss über klare Schnittstellen zwischen der Strategischen Produktplanung und Produktentwicklung verfügen und eine klare Rollenverteilung definieren.	Das der Systematik zugrundeliegende Prozessmodell muss aufzeigen, welche Input-Informationen von der strategischen Produktplanung notwendig sind und wie diese für die Produktentwicklung genutzt werden.
P6: Die Systematik muss die systematische Verwertung des generierten Umfeld- und Produktwissens über mehrere Produktgenerationen ermöglichen.	Die Systematik ist je nach Produktlebenszyklus in unterschiedlichen Zeitabständen wiederholt durchzuführen, um veränderte Umfeldanforderungen berücksichtigen zu können. Weiterhin muss die Systematik die integrierte Ableitung und Priorisierung von Handlungsempfehlungen für die einzelnen aufeinanderfolgenden Produktgenerationen ermöglichen.

## 5.2 Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem 5.1 erfolgt die Entwicklung der Systematik. Diese Erkenntnisse gehen als implizites Verständnis in die Entwicklung der Systematik ein. Ein expliziter Zusammenhang zwischen den Elementen der Systematik sowie den Erfolgsfaktoren wird aufgrund der Vielzahl der Wechselwirkungen nicht hergestellt.

Zur Herleitung und Vorstellung der Systematik wird in der Produktentwicklung das verbreitete *Problem*-Verständnis nach Dörner (1979) sowie die grundlegende Hypothese des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers et al. (2019), dass jede Entwicklung auf Basis von Referenzen erfolgt, zugrunde gelegt. Wie im Stand der Forschung gezeigt, wird der Begriff *Problem* hauptsächlich in Bezug auf Wechselwirkung von verschiedenen Zuständen verstanden. Ein Problem ist dabei ein unerwünschter Ausgangszustand, der in einen Endzustand überführt werden muss. Auf dem Weg, um dies zu erreichen, gibt es ein Hindernis. Dieses Hindernis kann durch den Einsatz von Methoden, Tools und Hilfsmitteln überwunden werden (Ehrlenspiel, 2007; Feldhusen & Grote, 2013). Das Hindernis ist die Komplexität, die zum einen aus der Vielfalt und dem Umfang der Vorausschauergebnisse sowie zum anderen aus deren vielfältigen Vernetzungen einhergeht. Daraus lassen sich die drei grundlegenden Module der Systematik ableiten.

Die im Folgenden vorgestellte Systematik hat zum Ziel den Produktentwickler bei der Identifikation von Suchfeldern mit hohem Innovationspotential auf Basis von Methoden der Vorausschau zu unterstützen und damit die generationsübergreifende Planung von Entwicklungsumfängen zu ermöglichen. Die folgende Abbildung stellt diese Zusammenhänge als Planungssituation (siehe Kapitel 2.2.1) zusammenfassend dar.

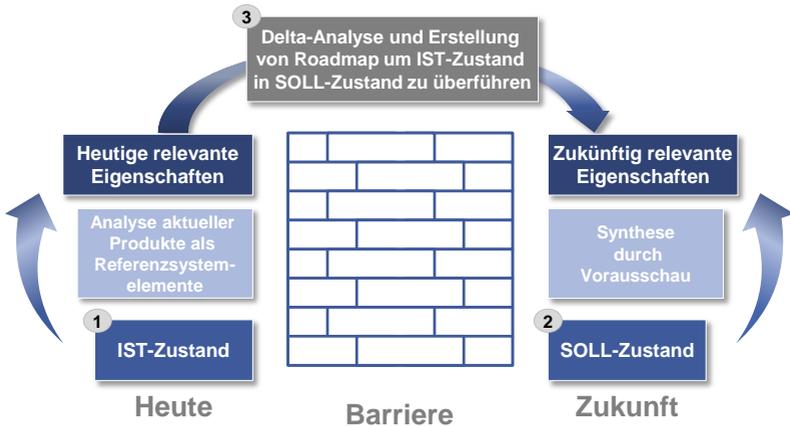


Abbildung 5.1: Zusammenhang von Istzustand (Gegenwart), Sollzustand (Zukunft) und der Barriere (Komplexität) in der Planungssituation; Darstellung nach Marthaler, Stehle, Siebe und Albers (2020)

Das erste Modul ist die Analyse des Istzustands. Dazu werden aktuell am Markt befindliche Produkte als Referenzsystemelemente bezüglich deren heute relevanten Produkteigenschaften analysiert. Das zweite Modul ist die Synthese des Sollzustands durch Vorausschau zur Identifikation zukünftig relevanter Produkteigenschaften. Die Delta-Analyse ist das dritte Modul, bei dem ein Abgleich zwischen Ist- und Sollzustand erfolgt und eine Roadmap zur zielgerichteten Überführung vom Ist- in den Sollzustand abgeleitet sowie Produktprofile generiert werden. Weiterhin werden diese drei grundlegenden Module weiter unterteilt, so dass die vom Produktentwickler durchzuführenden Analysen und Synthese besser handhabbar gemacht werden können.

Die entwickelte Systematik ist in fünf übergeordnete Teilschritte gegliedert und kann anhand drei verschiedener Varianten durchgeführt werden. Die anzuwendende Variante richtet sich nach dem angestrebten Planungshorizont der zu planenden Produktgenerationen. Nach der Auswahl der Systematik sind die Ist-, Soll-, und Deltaanalyse zu durchlaufen. Im letzten Schritt, der Potentialumsetzung, erfolgt die Entwicklung von Produktprofilen auf Basis der zuvor generierten Erkenntnisse.

Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau

Das Vorgehensmodell der entwickelten Systematik ist gesamthaft in der folgenden Abbildung 5.2 visualisiert.

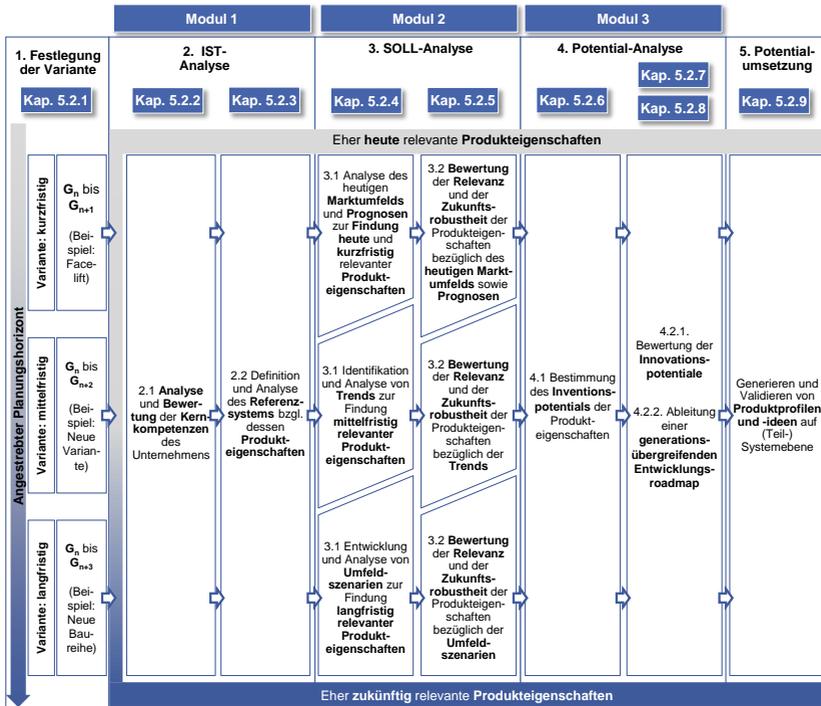


Abbildung 5.2: Vorgehensmodell der Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung nach Marthaler und Orsolani Uhlig, et al. (2019)

In den folgenden Unterkapiteln werden die Schritte der Systematik sukzessive im Detail anhand eines Leitbeispiels vorgestellt (Abbildung 5.2).

Als durchgängiges Leitbeispiel dient das Thema eines Forschungsvorhabens: „Zukünftige Mobilität für Personen und Güter auf städtischen Straßen mit dem Zeithorizont 2030“. In diesem Forschungsvorhaben sind Lösungen für die Mobilität von morgen mit einem langfristigen Zeithorizont zu entwickeln. Dazu sind zunächst Produktprofile abzuleiten, die den Anforderungen der Kunden von morgen gerecht

werden sowie ein hohes Innovationspotential aufweisen. Dieses Leitbeispiel ist damit zur Vorstellung der Systematik geeignet. Das Leitbeispiel wurde als Vorarbeit für ein kooperatives Entwicklungsprojekt mit einem deutschen Automobilzulieferer im Rahmen einer betreuten Bachelorarbeit erarbeitet. (Stehle, 2019)<sup>1</sup>

Die Vorstellung der Systematik anhand dieses konkreten Leitbeispiels ermöglicht das Aufzeigen der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Schritten der Systematik mit dem Ziel dem Leser dieser Forschungsarbeit ein übergeordnetes Verständnis vermitteln zu können.

### **5.2.1 Festlegung der Variante der Systematik**

Aufgrund der Einzigartigkeit eines jeden Produktentwicklungsprojekts muss die Systematik unterschiedliche Varianten je nach Entwicklungssituation und dem zu erreichenden Entwicklungsziel beinhalten (Albers, 2010). Dazu ist die Synthese allgemeiner Zielsysteminformationen der zu entwickelnden Produkte basierend auf der Wissensbasis unter Berücksichtigung relevanter Situationsinformationen notwendig.

Als erster Prozessschritt der Systematik, wird die Auswahl der geeigneten Variante der Systematik, abgeleitet. Zur Auswahl der für die Entwicklungsaufgabe am besten geeigneten Variante können unterschiedliche Entscheidungsgrößen herangezogen werden. Als Hauptentscheidungsgröße wird für diese Systematik der Planungshorizont gewählt, da, wie im Stand der Forschung gezeigt, die meist verwendete Größe zur Einteilung von Methoden zur Vorausschau der Zeithorizont ist. Die Systematik sieht deshalb drei Varianten vor. Für die Planung der nächsten Produktgeneration im Markt ( $G_n$ ) ist der Zeithorizont eher kurzfristig. Der Einsatz von Wissen um die heutigen Markt- und Technologieumfelder sowie Prognosen ist damit unerlässlich. Sollen Produktgenerationen mit mittelfristigem Zeithorizont geplant werden, ist eher die Analyse von Trends durchzuführen. Für eine langfristige Planung ist der Rückgriff auf Szenarien unerlässlich. Selbstverständlich sind die Grenzen zwischen diesen drei Varianten zur Planung von Produktgenerationen nicht diskret differenzierbar. Weiterhin spielen Entscheidungsgrößen zur Auswahl der Variante, wie die zur Verfügung stehenden Ressourcen oder das vorhandene Expertenwissen eine Rolle. Diese Kriterien sind projektspezifisch in den Entscheidungsprozess einzubeziehen.

---

<sup>1</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Folgende Abbildung 5.3 stellt die drei Varianten der Systematik differenziert dar. Der horizontal gelegene Trichter stellt die zunehmende Unsicherheit mit weiter in der Zukunft liegendem Planungshorizont dar.

Je nach Produkttyp kann der angestrebte Planungshorizont eine unterschiedliche Anzahl an Produktgenerationen umfassen. Dies ist auf die unterschiedlichen, zeitlichen Abstände zwischen den Markteintrittszeitpunkten der einzelnen Produktgenerationen je nach Produkttyp zurückzuführen. Der langfristige Planungshorizont für beispielsweise Fahrzeuge umfasst weniger Produktgenerationen als beim Produkttyp Handy. Ausschlaggebend für die Wahl des Instruments zur Vorausschau (Prognosen, Trends & Szenarien) ist jedoch der angestrebte Planungshorizont unabhängig von der Anzahl an Produktgenerationen. Die Systematik sieht deshalb drei Varianten in Abhängigkeit der Fristigkeit des Planungshorizonts vor. In den hier vorliegenden Modellierungen werden beispielhaft vier Produktgenerationen für einen langfristigen Planungshorizont angenommen. Dies kann beispielsweise für den Produkttyp Fahrzeug gelten.

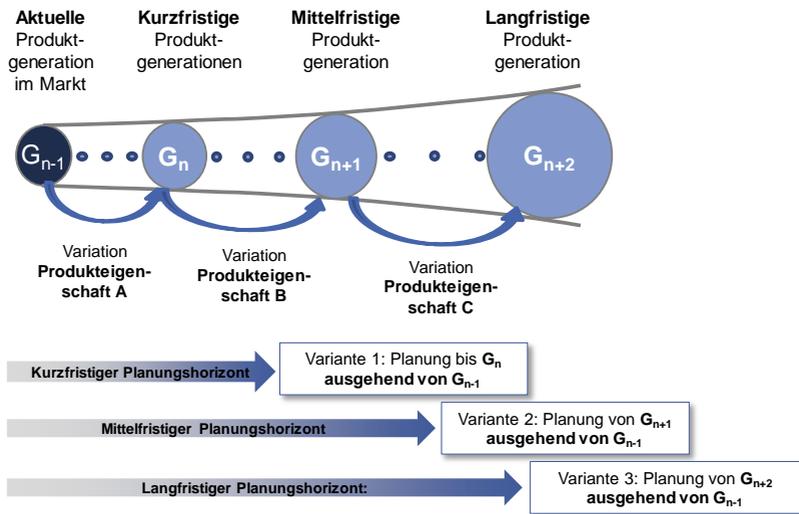


Abbildung 5.3: Kurzfristige Variante, mittelfristige Variante und langfristige Variante der Systematik in Abhängigkeit des Planungshorizonts

Die Entwicklung zukünftiger Produkte kann als markt- und technologiegetriebene Grundorientierung verstanden werden. Zusätzlich sind je nach angestrebtem Planungshorizont, wie in der vorhergehenden Abbildung 5.3 gezeigt, unterschiedliche Instrumente des Zukunftsmanagements heranzuziehen. Werden die Grundorientierungen mit den Planungshorizonten überlagert dargestellt, ergibt sich folgende Abbildung 5.4. Wie in der Abbildung gezeigt, werden je nach Grundorientierung und Planungshorizont unterschiedliche Instrumente des Zukunftsmanagements empfohlen.

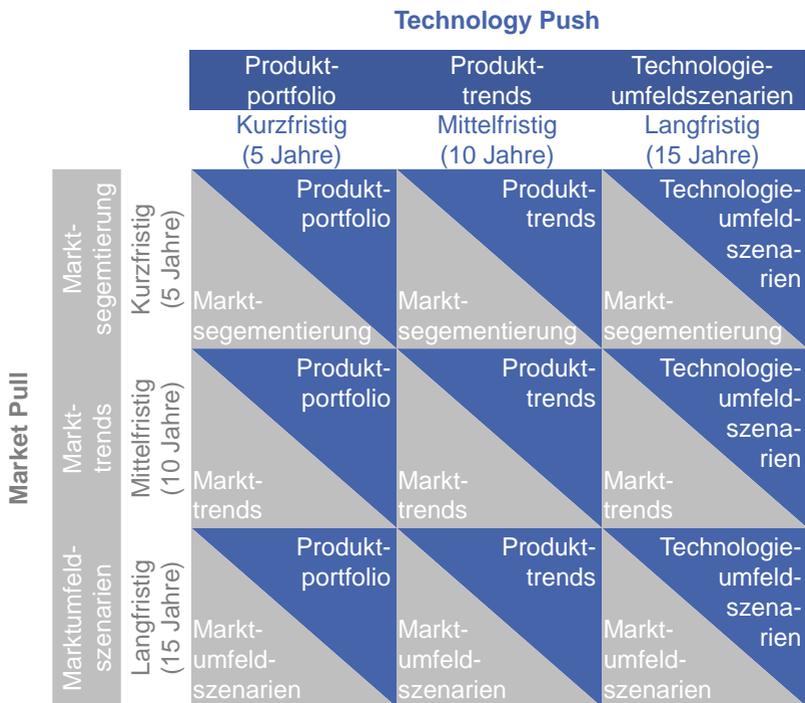


Abbildung 5.4: Unterstützung zur Auswahl des Instruments zur Vorausschau je nach Planungshorizont und der Grundorientierung

Der Fokus dieser Arbeit liegt zunächst auf der in grau dargestellten Grundorientierung der Market-Pull-basierten Entwicklung für alle Zeithorizonte. Die Auswahl der für die Entwicklungsaufgabe passenden Vorausschauinstrumente sind je nach Dauer der Produktlebenszyklen sowie der Fristigkeit der Zeithorizonte der Instrumente der Vorausschau auszuwählen. Ist beispielsweise die übernächste Produktgeneration in der Entwicklung  $G_{n+3}$  eines Fahrzeugs mit einer Entwicklungsdauer von rund fünf Jahren zu planen, sollte auf Szenarien zurückgegriffen werden. Soll jedoch beispielsweise die übernächste sich in der Entwicklung befindliche Produktgeneration  $G_{n+3}$  eines Smartphones mit einer Entwicklungsdauer von rund zwei Jahren geplant werden, ist eher auf den Einsatz von Trends zurückzugreifen. Ebenso ist auch der integrierte Einsatz aller Zukunftsinstrumente möglich. In der hier vorliegenden Forschungsarbeit erfolgt diese Betrachtung jedoch nicht, da zunächst auf eine fokussierte Vorstellung der einzelnen Zukunftsinstrumente zur Vermittlung der grundlegenden Zusammenhänge erfolgt. Im hier vorliegenden Leitbeispiel *Zukünftige Mobilität für Personen und Güter auf städtischen Straßen mit dem Zeithorizont 2030+* wird auf die langfristige Variante und damit dem Einsatz von Marktumfeldszenarien zurückgegriffen. Dieses Leitbeispiel wurde im Rahmen einer betreuten Bachelorarbeit von Stehle (2019) bearbeitet.

### **5.2.2 Ist-Analyse: Analyse und Bewertung der Kernkompetenzen des Unternehmens**

Zur Ist-Analyse ist neben der Betrachtung heutiger Referenzprodukte, eine Kernkompetenzanalyse des Unternehmens notwendig. Die Kernkompetenzanalyse hat zum Ziel, die heute für die Wertschöpfung entscheidenden Kompetenzen zur Entwicklung der Marktleistungen zu identifizieren. Diese Analyse ermöglicht in den weiteren Schritten der Systematik die Priorisierung der identifizierten Potentiale. Auf diese Weise kann bewertet werden, welchen Beitrag die heutigen Kernkompetenzen eines Unternehmens zur Realisierung bestimmter Produktprofile und Produktideen leisten, beziehungsweise wie Kompetenzlücken identifiziert werden. Die Entwicklung beziehungsweise Adaption von Methoden zur Kernkompetenzanalyse sind nicht Teil dieser Arbeit. Deshalb wird hier vor allem auf Arbeiten von Albers und Krämer sowie dessen Kriterien zur Identifikation von Kernkompetenzen verwiesen (Albers, Krämer, Arslan & Bursac, 2015).

Das Ergebnis der Kernkompetenzanalyse ist zusammenfassend in der folgenden Abbildung dargestellt. Hier ist darauf hinzuweisen, dass nur die relevanten Kernkompetenzen im Kontext des Leitbeispiels aufgelistet sind. Aufgrund der Vertraulichkeit kann kein detailliertes Ergebnis gezeigt werden.

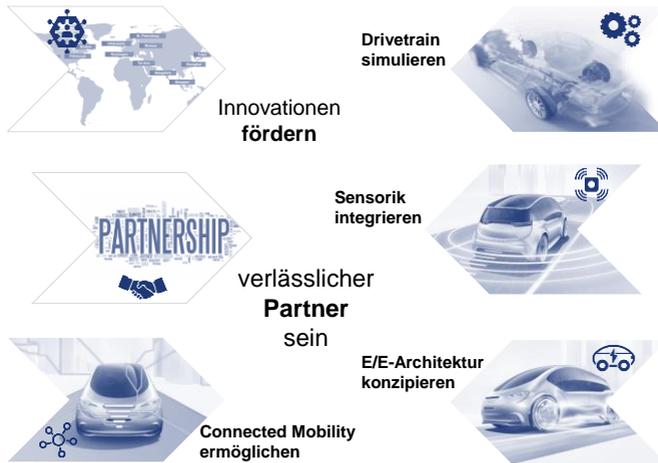


Abbildung 5.5: Ergebnis der Kernkompetenzanalyse

### 5.2.3 Ist-Analyse: Definition und Analyse des Referenzsystems

Basierend auf dem zuvor synthetisierten Zielsystem der Entwicklungsaufgabe, ist ein Referenzsystem zu definieren und analysieren. Das Referenzsystem setzt sich aus verschiedenen Elementen unterschiedlicher Herkunft zusammen. Diese Elemente werden als Produkteigenschaften modelliert und können aus der Vorgängergeneration, von Wettbewerbsprodukten, von anderen Branchen sowie auch der Forschung stammen. Der Abstraktionsgrad von Produkteigenschaften wird gewählt, da diese durch ihren lösungsoffenen Charakter einen Suchraum definieren, jedoch noch keine konkreten Variationen spezifizieren beziehungsweise bestimmte Technologien ausschließen oder bevorzugen (Hirschter et al., 2018). Je nach der Zusammensetzung der Anteile der Referenzsystemelementquellen ergeben sich unterschiedliche Implikationen für die generierten Ergebnisse. Wird beispielsweise als Quelle alleine die Vorgängergeneration eines Produktes herangezogen, ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse weiterhin große Ähnlichkeiten zu diesem Produkt aufweisen, obgleich für dieses Produkt selbst Suchfelder mit hohem Innovationspotential gefunden werden können (Albers et al., 2019).

Im Folgenden wird das Vorgehen zur Ableitung und Identifikation von Produkteigenschaften aus Elementen des Referenzsystems anhand des Leitbeispiels vorgestellt. Die Analyse erfolgt anhand der Elemente des Referenzsystems. In diesem Beispiel werden als Referenzsystemquellen Verkehrsmittel zur Ermöglichung von Mobilität auf der Straße gewählt. Diese Referenzsystemelemente werden zunächst hinsichtlich deren Beitrags zur Befriedigung von Kunden- und Anwenderbedürfnissen analysiert. Nach Fleischer und Klinkel (2003) ist dabei die Erweiterung der Systemgrenze über das eigene Unternehmen hinaus unerlässlich, um ein umfassendes Verständnis der Ist-Situation durch Kundenintegration zu erlangen. Dazu sind direkte Methoden, beispielsweise Befragungen zur Kundenzufriedenheit, und indirekte Methoden, wie beispielsweise die Kundenbeobachtung, zur systematischen Integration der Kunden einzusetzen. Anhand der identifizierten Kundenbedürfnisse werden im nächsten Schritt Merkmale sowie deren Ausprägungen und damit Produkteigenschaften abgeleitet. Diese Produkteigenschaften sind abschließend zu beschreiben, um auch in nachgelagerten Schritten der Systematik wieder wie ursprünglich verstanden, interpretiert werden zu können. Abbildung 5.6 stellt dieses Vorgehen zusammenfassend dar. Die Denkanstöße sind als projektspezifische Hilfestellungen zu verstehen, die den Anwender der Systematik bei der Identifikation von Produkteigenschaften unterstützen sollen. Diese sind in Anlehnung an die Aufgabenstellung anzupassen.

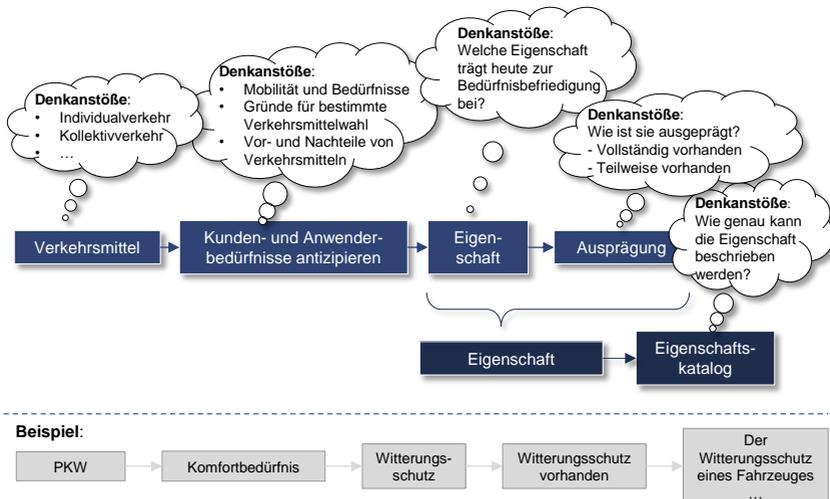


Abbildung 5.6: Vorgehen zur Ableitung von Produkteigenschaften durch Analyse der Elemente des Referenzsystems anhand des Leitbeispiels

Folgende Tabelle zeigt einen Auszug des Ergebnisses dieses Schrittes anhand des Leitbeispiels.

Tabelle 13: Auszug des Produkteigenschaftskatalogs (Stehle, 2019)<sup>2</sup>

Nr.	Produkteigenschaft	Eigenschaftserläuterung
1	Grad der Zuverlässigkeit	Wie zuverlässig ist das Verkehrsmittel hinsichtlich des Erreichens des gewünschten Zieles? Wie stark ist die Verlässlichkeit zur Fortbewegung und damit die Vertrauenswürdigkeit bei der Nutzung ausgeprägt?
2	Einhaltung von Abfahrts- und Ankunftszeit	Diese Eigenschaft beschreibt wie exakt Fahrpläne eingehalten werden oder eine gewünschte Wegstrecke eine zeitliche Konstanz aufweist, sodass eine kalkulierbare Zeiteinteilung möglich ist.
3	Grad der Autonomie	Diese Eigenschaft beschreibt die Souveränität des Nutzers eines Verkehrsmittels und ob dieser in der Fortbewegung eingeschränkt ist. Sind eigenständige Entscheidungen möglich oder ist der Nutzer in dieser Freiheit eingeschränkt? Einen großen Einfluss nimmt hierbei die Mensch-Maschine Schnittstelle.
4	räumliche Flexibilität	Unter der räumlichen Flexibilität wird die Möglichkeit verstanden, unabhängig vom eigenen aktuellen Aufenthaltsort, das Verkehrsmittel zu nutzen und wieder zu verlassen. Diese örtliche Ungebundenheit wird als räumliche Flexibilität aufgefasst. Einen großen Einfluss nimmt hierbei der Besitz eines eigenen persönlichen Fortbewegungsmittels.
5	zeitliche Flexibilität	Die zeitliche Flexibilität bezeichnet die Spontanität eines Verkehrsmittels hinsichtlich des Aufkommens des Beförderungswunsches und der Beförderung selbst.
6	Nutzungskosten	Unter den Nutzungskosten werden alle finanziellen Aufwände verstanden, die mit der Benutzung eines Verkehrsmittels verbunden sind.
7	Geschwindigkeit der Fortbewegung	Die Geschwindigkeit ist ein Maß dafür wie schnell ein Fortbewegungsmittel sein Ziel erreicht und viel Zeit zum Transport aufgewendet werden muss.
8	Transportmöglichkeit	Die Eigenschaft der Transportmöglichkeit beschreibt, ob und in welchem Maße die Beförderung von materiellen Gütern mit dem jeweiligen Verkehrsmittel möglich ist.
9	Angebot zur anderweitigen Beschäftigung	Unter diesem Aspekt wird die Möglichkeit zur anderweitigen Beschäftigung während der Fahrt verglichen. Ist es möglich sich dem Verkehrsgeschehen während der Fahrt abzuwenden, um zum Beispiel etwas zu lesen oder zu arbeiten?

<sup>2</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

### 5.2.4 Soll-Analyse: Identifikation von Umfeldpotentialen

Der dritte Schritt der Systematik hat zum Ziel Umfeldpotentiale basierend auf den Vorausschauergebnissen zu identifizieren, um damit neue und zukünftig relevante Produkteigenschaften abzuleiten.

Das übergeordnete Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer Systematik zur Ableitung von Produktprofilen und -ideen mit hohem Innovationspotential. In diesem Schritt der Systematik sind dazu zukünftig relevante Produkteigenschaften auf Basis von Vorausschauergebnissen zu identifizieren. Dabei steht der Mensch – mit seiner Kreativität – im Mittelpunkt dieses Vorhabens. Das Kreativitätspotential der Produktentwickler folgt dabei dem im Stand der Forschung gezeigten Verständnis nach Amabile et al. (1996)<sup>3</sup>.

Die Expertise der beteiligten Produktentwickler kann als konstant angenommen werden, da die zeitliche Kürze zur Durchführung der Systematik keine größeren Erfahrungszuwächse erlaubt. Im Gegensatz dazu können die Aufgabenmotivation und die Kreativität der Teilnehmer durch die Verwendung der Szenarien, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, gesteigert werden.

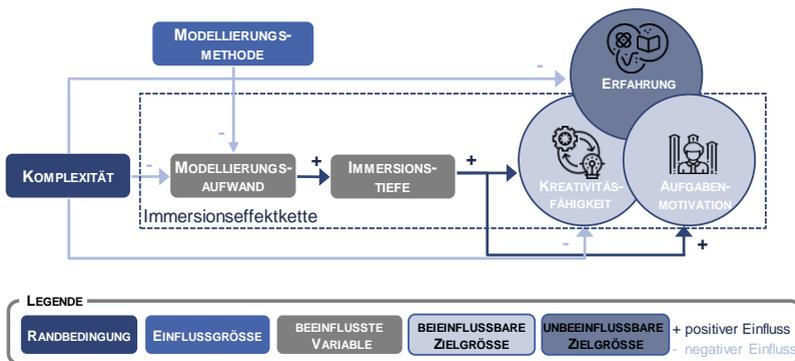


Abbildung 5.7: Kreativität im Kontext von Vorausschau (Albers, Grunwald, et al., 2018)

<sup>3</sup> Vgl. Kapitel 2.2.2

Für die Beschreibung dieser kausalen Zusammenhänge ist zunächst die Komplexität des betrachteten Systems zu analysieren. Mit zunehmender Anzahl von einander unabhängiger Einflüsse und Wechselwirkungen wird das System immer komplexer. Der Grad der Komplexität hat einen direkten, negativen Einfluss auf die Fach- und Kreativitätskompetenz. Auf der einen Seite wird es viel schwieriger, das gesamte System zu überblicken und auf der anderen Seite steigt mit der Zahl der beteiligten Systeme die Wahrscheinlichkeit, dass einige dieser den Teilnehmern noch nicht bekannt sind. Um die Kreativität der Teilnehmer trotz der Komplexität des Systems zu fördern, sind Maßnahmen zu treffen. Hier kommt die Immersionseffektkette zum Einsatz: Je höher der Grad der Komplexität des Systems ist, desto größer wird der Interpretations-, Modellierungs- und Kommunikationsaufwand der Vorausschauergebnisse. Wird weiterhin eine aufwändigere Methode (z. B. Szenario-Videos) zur Modellierung der Vorausschau investiert, nimmt der Modellierungsaufwand zu. Dies geht jedoch auch mit einem höheren Grad der Immersion einher und hat somit einen positiven Einfluss auf die beiden beeinflussbaren Zielgrößen *Fähigkeiten und Kompetenzen in Bezug auf Kreativität* und *Aufgabenmotivation*. Dieser Zusammenhang zeigt, dass mit Hilfe einer geeigneten Modellierungsmethode der Produktentwickler bei der Ableitung von Produktprofilen mit hohem Innovationspotential auch bei komplexen Systemen unterstützt werden kann (Albers, Grunwald, et al., 2018).

Es wird angenommen, dass die Chance Produktprofile mit hohem Innovationspotential zu finden, umso größer ist, desto mehr neue Produkteigenschaften identifiziert werden können. Dabei dienen je nach Planungshorizont und damit gewählter Variante Ergebnisse von Marktanalysen und Prognosen, Trends sowie Szenarien als Impulsgeber zur Identifikation dieser zukünftig relevanten Produkteigenschaften.

Zur Identifikation von zukünftig relevanten Produkteigenschaften auf Basis von Vorausschauergebnissen sind grundlegend zwei unterschiedliche Herangehensweisen zu unterscheiden. Der intuitive Ansatz legt den Fokus auf die Verknüpfung der rechten und linken Gehirnhälfte durch Assoziationen beispielsweise in Form von sogenannten Reizbildern. Dabei ist das Denken mehr von Freiheit als von einem strukturierten Vorgehen gekennzeichnet. Der deduktive Ansatz funktioniert deutlich strukturierter nach einem fest vorgegebenen Schema. Insgesamt sind beide Vorgehen als ergänzend zu betrachten. Eine Wertung dieser beiden Ansätze ist nicht zielführend, da unterschiedliche Menschen verschiedene Denkmuster aufweisen und damit je nach dem eher einen deduktiven oder intuitiven Ansatz bevorzugen. Gemeinsam haben beide Ansätze den gleichen Zweck: die Unterstützung beim Finden zukünftig relevanter Produkteigenschaften zur Ableitung von Produktprofilen und -ideen mit hohem Innovationspotential. Ebenso ist auch eine kombinierte Anwendung beider Herangehensweisen möglich.

Die Vorstellung des deduktiven, intuitiven und integrierten Ansatzes erfolgt in den nachfolgenden Unterkapiteln.



Abbildung 5.8: Intuitives und deduktives Vorgehen zur Identifikation zukünftig relevanter Produkteigenschaften

#### 5.2.4.1 Deduktiver Ansatz zur Identifikation von zukünftig relevanten Produkteigenschaften

Der deduktive Ansatz basiert auf der binären Verknüpfung vom Ist- und vom Sollzustand. Dazu werden die Produkteigenschaften je nach eingesetztem Instrument der Vorausschau mit den Zukunftsprojektionen der Szenarien, Trends oder Prognosen gegenübergestellt und hinsichtlich deren Konsistenz verglichen (Abbildung 5.9). In vertikaler Richtung werden dazu die identifizierten Produkteigenschaften des Referenzsystems aufgetragen. In horizontaler Richtung stehen entweder Zukunftsprojektionen der Szenarien, die Szenarien selbst, Trends oder Prognosen.

Projektionen → Produkteigenschaften ↓	Breite ökonomische Teilhabe aber Fokussierung der Daten in wenigen Händen	Breite ökonomische und technologische Teilhabe	...
	Grad der Zuverlässigkeit	0	0
Einhaltung von Abfahrtszeiten	0	+	+
Grad der Autonomie	0	0	0
räumliche Flexibilität	0	+	++
zeitliche Flexibilität	0	+	+
Nutzungskosten	0	0	++
Geschwindigkeit der Fortbewegung	0	+	0
Transportmöglichkeit	0	0	0

Legende:	
starke Ausprägung der Eigenschaft, direkt konsistent	++
starke Ausprägung der Eigenschaft, indirekt konsistent	+
Eigenschaft unabhängig	0

Abbildung 5.9: Deduktiver Ansatz zur Findung zukünftig relevanter Produkteigenschaften nach Marthaler und Orsolani Uhlig, et al. (2019) & Marthaler und Stehle, et al. (2020)

Besonders interessant bei der Analyse der Ergebnisse des binären Vergleichs sind wenig besetzte Spalten beziehungsweise Zeilen. Wenig besetzte Zeilen (vergleiche „Grad der Autonomie“ oder „Transportmöglichkeiten“ in Abbildung 5.9) weisen darauf hin, dass bestimmte Produkteigenschaften in Zukunft nicht mehr zur Wettbewerbsdifferenzierung ausreichend sind. Dies bedeutet aber nicht, dass die Eigenschaft keine Relevanz mehr besitzt; im Gegenteil stellt die Realisierung dieser Eigenschaft eine Basisanforderung in Zukunft dar. Wenig besetzte Spalten deuten darauf hin, dass keine beziehungsweise nur wenige Produkteigenschaften mit einer Projektion in Zusammenhang stehen (vergleiche erste Spalte in Abbildung 5.9).

Dies weist auf ein mögliches Fehlen einer zukünftig relevanten Produkteigenschaft hin.

Dienen als Vorausschauergebnisse keine Szenarien, sondern Trends, Prognosen zukünftiger Marktumfelder beziehungsweise Kundengruppen, sind die Projektionen der Szenarien entsprechend zu ersetzen. Das Vorgehen zur Findung der Produkteigenschaften ist deshalb aber nicht zu ändern.

#### 5.2.4.2 Intuitiver Ansatz zur Identifikation von zukünftig relevanten Produkteigenschaften

Der intuitive Ansatz basiert darauf, dass die Vorausschauergebnisse in Form von zum Beispiel Landkarten, Bildern oder Videos modelliert werden und so als Stimuli zur Ableitung zukünftig relevanter Produkteigenschaften dienen. Ein exemplarisches Video eines modellierten Szenarios kann in der folgenden Abbildung eingesehen werden.



Abbildung 5.10: Modellierung von Szenarien als Video am Beispiel der Szenarien der Methodenanwendung (Albers, Bursac, et al., 2017)

Auf Basis dieser Modellierungen können beispielsweise Szenario basierte Personae entwickelt werden und als Impulsgeber in Kreativitätsworkshops eingesetzt werden.

Eine exemplarische Persona ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

## Persona: Procurement Manager

**Stellenbeschreibung:**

- Konformitätsprüfung
- Short List
- fordert die Techniker auf, alle Angebote auf das gleiche technische Niveau zu bringen
- Preisbewertung
- Lieferantenbefragung
- Verhandlungen mit Lieferanten
- Spezifikationen
- Geschäftsbedingungen
- Bundling

**Name: Pablo Purchasow**



**Herausforderungen im Tagesgeschäft:**

- Zufriedenheit des Vorstands
- Gleichgewicht zwischen Qualität und Preis
- wirtschaftlicher Erfolg von Verträgen
- vermeide „hating“
- „Sandwich“ zwischen Verkauf und Ausführung
- richtige Entscheidungen
- Compliance

**Art der Persönlichkeit:**

- „Pitbull“
- hartnäckig
- liebt „squeezing“
- Allrounder
- starke Persönlichkeit
- gesprächig
- nicht „everybody's darling“

**Durchschnittlicher Arbeitstag:**

Morgens	Mittags	Nachmittags
<ul style="list-style-type: none"> <li>• überprüft die Information über Angebote</li> <li>• überprüft Fragen zu Angeboten</li> <li>• Angebote</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhandlungen</li> <li>• interne Besprechungen mit der technischen Abteilung</li> <li>• kein Angebot entspricht dem Budget</li> <li>• Lieferzeitüberschreitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerbehebung</li> <li>• Unterzeichnung von Verträgen</li> <li>• Berichte an den Vorstand</li> <li>• Suche nach neuen Lieferanten</li> </ul>

**Anforderungen:**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• bester Preis</li> <li>• beste Qualität</li> <li>• übersichtliche Struktur der Angebote</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzwerk</li> <li>• „gute“ Beziehungen</li> <li>• Referenzen von potenziellen Lieferanten</li> </ul>
--	---

Abbildung 5.11: Modellierung einer exemplarischen Persona als Impulsgeber zur Ableitung von zukünftig relevanten Produkteigenschaften (Marthaler, Dühr, et al., 2019)

### 5.2.4.3 Kombinierte Ansätze zur Findung zukünftig relevanter Produkteigenschaften

Die deduktiven und intuitiven Ansätze können auch integriert eingesetzt werden. Je nach angestrebtem Planungshorizont der zu entwickelnden Produktgeneration sind Prognosen, Trends und Szenarien heranzuziehen. Im Folgenden wird dazu exemplarisch der kombinierte Ansatz über Szenarien vorgestellt. Dazu werden in diesem Beispiel auf zuvor von Fink entwickelte Umfeldszenarien zur urbanen Mobilität zurückgegriffen (Fink, 2020).

Die Szenarien liegen unter anderem als Ausprägungslisten vor. Die Projektionen der einzelnen Szenarien sind damit der Ausgangspunkt zur Ableitung der zukünftig relevanten Produkteigenschaften. Ein Auszug der Projektionen ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

Schlüssel-faktoren	Projektionen			
Wirtschaftlich-technologisches Umfeld	Breite ökonomische Teilhabe aber Fokussierung der Daten in wenigen Händen	Breite ökonomische und technologische Teilhabe	Ökonomische Spaltung der Gesellschaft und Fokussierung der Daten in wenigen Händen	Verhaltene ökonomische Entwicklung, aber breite Verfügbarkeit von Daten
Technologie-akzeptanz und -verständnis	Bei geringer Technologie-akzeptanz ist KI in der Mobilität eine maßgebliche Technologie	Neue Technologien inkl. KI werden breit akzeptiert und auch in der Mobilität angewandt	Bei geringer Technologie-akzeptanz setzt sich auch KI in der Mobilität nicht durch	Bei hoher allgemeiner Technologie-akzeptanz spielt KI in der Mobilität keine große Rolle
Umweltpolitik	Geringe Umweltqualität in Ballungsräumen trotz starkem Einfluss der Umweltpolitik	Starker Einfluss der Umweltpolitik trägt zu guter Umweltqualität bei	Umweltpolitik hat trotz geringer Umweltqualität in Ballungsräumen keine hohe Bedeutung	Hohe Umweltqualität in Ballungsräumen trotz eher schwachem Einfluss der Umweltpolitik
Lebensstile / Freizeitverhalten	Das Leben spielt sich zunehmend virtuell ab	Städtischer Lebensstil entsteht durch intensive physische und digitale Interaktion	Insgesamt reduzierte persönliche Interaktion (Neues Cocooning)	Reale soziale Interaktion prägt den städtischen Lebensstil

Abbildung 5.12: Modellierung Auszug aus den Projektionen der Szenarien (Fink, 2020)

Auf Basis der Projektionen der Schlüsselfaktoren sollen zunächst Kundenbedürfnisse antizipiert werden (siehe Abbildung 5.13). Der Weg über Kundenbedürfnisse wird hier empfohlen, da die Projektionen sehr abstrakt beschrieben sind und Kundenbedürfnisse für Produktentwickler deutlich einfacher zu handhaben sind. Anhand der Kundenbedürfnisse sind im nächsten Schritt relevante Merkmale und Ausprägungen zu bestimmen. Der letzte Schritt dient zur Beschreibung der Produkteigenschaften, um sicherzustellen, dass auch in nachgelagerten Schritten die Eigenschaft richtig verstanden und interpretiert wird. Die Denkanstöße sind als projektspezifische Hilfestellungen zu verstehen, die den Anwender der Systematik bei der Identifikation von Produkteigenschaften unterstützen sollen. Diese sind in Anlehnung an die Aufgabenstellung anzupassen.

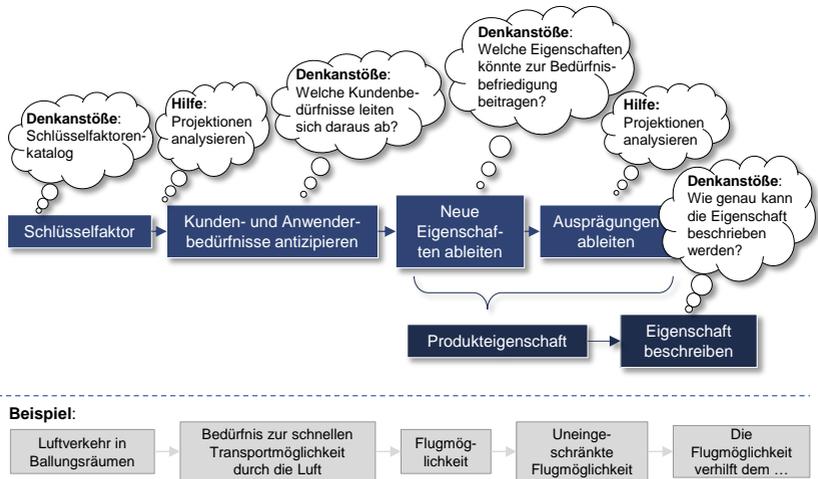


Abbildung 5.13: Exemplarisches Vorgehen zur Ableitung von Produkteigenschaften anhand von Szenarien anhand des Leitbeispiels

Liegen Prognosen oder Trends zur Ableitung von Produkteigenschaften vor, sind diese entsprechend als Ausgangspunkt zur Ableitung der zukünftig relevanten Produkteigenschaften heranzuziehen.

Tabelle 14: Auszug des Produkteigenschaftskatalogs (Stehle, 2019)<sup>4</sup>

Nr.	Produkteigenschaft	Eigenschaftserläuterung
1	Digitale Sicherheit	Die digitale Sicherheit tritt im Hinblick auf die steigende Digitalisierung als Datensicherheit auf. Dadurch werden Missbräuche der Daten vorgebeugt. Ebenfalls sind Hackerangriffe eine denkbare Gefahr, welche sich durch diese Eigenschaft verringert.
2	Aktive Sicherheit	Aktive Sicherheitselemente unterstützen den Fahrer bei kritischen Situationen, indem sie diese frühzeitig erkennen und das Fortbewegungsmittel aktiv steuern. Als Assistenzfunktion reduzieren sie die erforderliche Aufmerksamkeit des Fahrers über das Verkehrsgeschehen und stellen somit ein Sicherheitsaspekt wie auch ein Komfortaspekt dar.
3	Grad der KI-Unterstützung	Ein Fortbewegungsmittel mit integrierter künstlicher Intelligenz verfügt über vielfältige nützliche Funktionen. So ist es möglich, aufgrund der aktuellen Verkehrssituation die optimale Route vorzuschlagen und dabei den Wechsel auf andere Fortbewegungsmittel inklusive deren Standorte mit zu berücksichtigen. Eine große Bedeutung kommt der künstlichen Intelligenz bei einem autonom fahrenden Auto zu. Da dieses in Gefahrensituationen ethische Entscheidungen eigenständig treffen muss.
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	Im Mischverkehr, also wenn autonome Autos und personengesteuerte Fortbewegungsmittel simultan vorkommen, kommt dieser Eigenschaft eine hohe Bedeutung zu. Ein autonomes Auto muss Menschen erkennen, diese über die Straße gehen lassen und dabei über Signale mit diesen interagieren und die Halteabsicht kenntlich machen.
5	Konnektivität als digitaler Arbeitsplatz	Diese Eigenschaft beschreibt die Möglichkeit das Fortbewegungsmittel als digitalen Arbeitsplatz zu nutzen. So ist die zu befördernde Person mit dem WLAN und einer schnellen Datenübertragung verbunden und kann über eine große Bildfläche an einer Videokonferenz teilnehmen.
6	Automatisierte Fahrt des Fortbewegungsmittels zum Nutzer	Diese Eigenschaft beschreibt, ob es möglich ist, das Verkehrsmittel auf Knopfdruck zu bestellen, sodass dann dieses autonom zu einem fährt. Diese Funktion beeinflusst im großen Maße das Merkmal der räumlichen Flexibilität, da von überall ein Fortbewegungsmittel anforderbar und nutzbar ist.

<sup>4</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

## 5.2.5 Soll-Analyse: Bewertung von Umfeldpotentialen

Die identifizierten Umfeldpotentiale, die in Form von Produkteigenschaften vorliegen, werden in diesem Schritt hinsichtlich deren **Zukunftsrobustheit** bewertet. Um ein Verständnis des Begriffs der Zukunftsrobustheit zu schaffen, wird die Definition schrittweise hergeleitet. Dazu wird zunächst der Begriff der Relevanz eingeführt:

*Die **Relevanz** ( $R_{i,j}$ ) einer **Produkteigenschaft** beschreibt den Einfluss einer Eigenschaft auf die Kundenzufriedenheit in einem betrachteten Umfeld. Der Index  $i$  indiziert die Produkteigenschaft. Der Index  $j$  indiziert das betrachtete Umfeld.*

Zur Relevanzwertung können unterschiedliche Metriken herangezogen werden. Im Rahmen dieser Arbeit wird empfohlen das im Stand der Forschung beschriebene Kano-Modell einzusetzen, da dieses in der Produktentwicklung bekannt ist und sich als grundlegende Bezugsgröße eignet. Der Einsatz des Kano-Modells und das Vorgehen zur Eigenschaftsbewertung ist in Abbildung 5.14 visualisiert (Kano et al., 1984). Als Bewertungsskala zur Relevanzbewertung wird eine Skala von eins bis sechs gewählt, wobei mit steigendem Wert eine höhere Relevanz im jeweilig betrachteten Umfeld verstanden wird. Begeisterungsmerkmale werden als relevanter wie Leistungs- und Basismerkmale angesehen, da das oberste Ziel dieser Arbeit ist, Vorausschau zur Entwicklung von Produktprofilen mit hohem Innovationspotential, die den Kunden begeistern, nutzbar zu machen. Zur Durchführung der Relevanzanalyse muss analysiert werden, in welchen Zeithorizonten die Produkteigenschaften relevant sind. So wird analysiert, ob die Produkteigenschaften bereits heute in der Gegenwart relevant sind, Trends festzustellen sind, die auf eine Zunahme der Bedeutung der Eigenschaften hinweisen und welche Rolle die Produkteigenschaften in den betrachteten Szenarien spielen. Darauffolgend ergeben sich unterschiedliche Fälle. Ist die Eigenschaft beispielsweise nur in den Szenarien zu erkennen, wird die höchste Relevanzbewertung, hier eine sechs, vergeben. Ist die Eigenschaft hingegen nur heute von Relevanz, wird mit einer eins die geringste Relevanzbewertung vergeben. Die dazwischenliegenden Ausprägungen der Skala ergeben sich entsprechend der in Abbildung 5.14 gezeigten Fallunterscheidung.

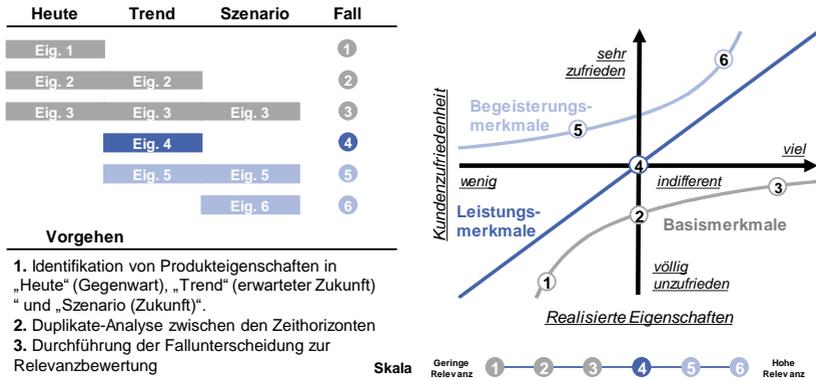


Abbildung 5.14: Modell als Bezugsgröße zur Unterstützung der Relevanzbewertung, auf Basis von Kano (Kano et al., 1984)

Diese zuvor gezeigte Relevanzbewertung ist für jede Produkteigenschaft und für jedes betrachtete Umfeld durchzuführen. Die folgende Tabelle 15 stellt exemplarisch für vier ausgewählte Produkteigenschaften das Ergebnis der Bewertung der Relevanz anhand von vier<sup>5</sup> Umfeldszenarien dar.

Tabelle 15: Ergebnis der Bewertung der Relevanz

Nr.	Produkteigenschaft	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
1	Digitale Sicherheit	2	3	4	5
2	Aktive Sicherheit	4	5	6	6
3	Grad der KI-Unterstützung	2	2	3	2
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	6	1	6	1

<sup>5</sup> Zur Vereinfachung erfolgt das Rechenbeispiel nur mit vier Szenarien, wobei im Leitbeispiel neun Szenarien berücksichtigt wurden.

Durch Bildung des Mittelwerts ergibt sich die **gewichtete Relevanz**. Die Gewichtung erfolgt durch einen Gewichtungsfaktor der Umfeldler. Dadurch kann die Bedeutung unterschiedlicher Umfeldler ebenfalls abgebildet werden.

*Die **gewichtete Relevanz (gR<sub>i</sub>)** beschreibt den durchschnittlichen Einfluss einer Produkteigenschaft auf die Kundenzufriedenheit über die Gesamtheit der betrachteten Umfeldler. Die Gewichtung erfolgt durch eine Bewertung der Eintrittserwartungen der betrachteten Umfeldler.*

Folgende Gleichung 2 wird zur Berechnung der gewichteten Relevanz (gR<sub>i</sub>) herangezogen, wobei *J* der Summe der betrachteten Umfeldler entspricht und G<sub>j</sub> der Gewichtungsfaktor des jeweiligen Umfelds ist.

$$gR_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^J G_j} \sum_{j=1}^J R_{i,j} * G_j \quad 2$$

Die Gewichtung erfolgt durch die Priorisierung der betrachteten Umfeldler. Als Kriterium zur Priorisierung eignet sich das erwartete zukünftige Marktpotential der Umfeldler. Diese Priorisierung kann auf Szenarioebene oder Projektionsebene durchgeführt werden. Das folgende in Tabelle 16 gezeigte Rechenbeispiel, stellt exemplarisch das Ergebnis dieses Berechnungsschrittes dar.

Tabelle 16: Ergebnis der Bewertung der gewichteten Relevanz

Nr.	Produkteigenschaft	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Gewichtete Relevanz
	Gewichtungsfaktor	0,2	0,3	0,3	0,2	
1	Digitale Sicherheit	2	3	4	5	3,5
2	Aktive Sicherheit	4	5	6	6	5,3
3	Grad der KI-Unterstützung	2	2	3	2	2,3
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	6	1	6	1	3,5

Es ist jedoch nicht ausreichend den Mittelwert der Relevanz heranzuziehen, da damit keine Aussage über die Ähnlichkeit der Bewertungen über die betrachteten Umfeldler hinweg getroffen werden kann. Weiterhin ist somit die Standardabweichung zu berücksichtigen.

Die **Standardabweichung der gewichteten Relevanz**  $sgR_i$  einer Produkteigenschaft ist die Streuung der Relevanz einer Eigenschaft über alle betrachteten Umfelder. Diese liefert eine Aussage über die Ähnlichkeit der Relevanzbewertungen einer Produkteigenschaft über die betrachteten Umfelder.

Die Standardabweichung wird anhand der folgenden Gleichung 3 bestimmt.

$$sgR_i = \sqrt{\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J (R_{ij} - gR_i)^2} \quad 3$$

Das folgende in Tabelle 17 gezeigte Rechenbeispiel, stellt exemplarisch das Ergebnis dieses Berechnungsschrittes dar.

Tabelle 17: Ergebnis der Bewertung der Standardabweichung der gewichteten Relevanz

Nr.	Produkteigenschaft	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Standardabweichung der gewichteten Relevanz
	Gewichtungsfaktor	0,2	0,3	0,3	0,2	
1	Digitale Sicherheit	2	3	4	5	0,6
2	Aktive Sicherheit	4	5	6	6	0,4
3	Grad der KI-Unterstützung	2	2	3	2	0,2
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	6	1	6	1	1,3

Die gewichtete Relevanz einer Produkteigenschaft und deren Standardabweichung können nun in gegenseitigen Kontext gestellt werden. Tabelle 18 stellt dazu diese beiden Größen zunächst gemeinsam dar.

Tabelle 18: Gewichtete Relevanz und Standardabweichung der gewichteten Relevanz

Nr.	Produkteigenschaft	Gewichtete Relevanz	Standardabweichung der gewichteten Relevanz
1	Digitale Sicherheit	3,5	0,6
2	Aktive Sicherheit	5,3	0,4
3	Grad der KI-Unterstützung	2,3	0,2
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	3,5	1,3

Weiterhin lassen sich diese beiden Größen für jede Produkteigenschaft in einem Diagramm graphisch visualisieren (siehe Abbildung 5.15). Die beiden schwarzen Begrenzungslinien stellen dabei die Mittelwerte aller Eigenschaftsbewertungen hinsichtlich der beiden betrachteten Größen dar. Die Nummern 1 – 4 repräsentieren die Produkteigenschaften aus Tabelle 18. Die zukunftsrobusten Produkteigenschaften liegen damit im unteren rechten Quadranten von Abbildung 5.15.

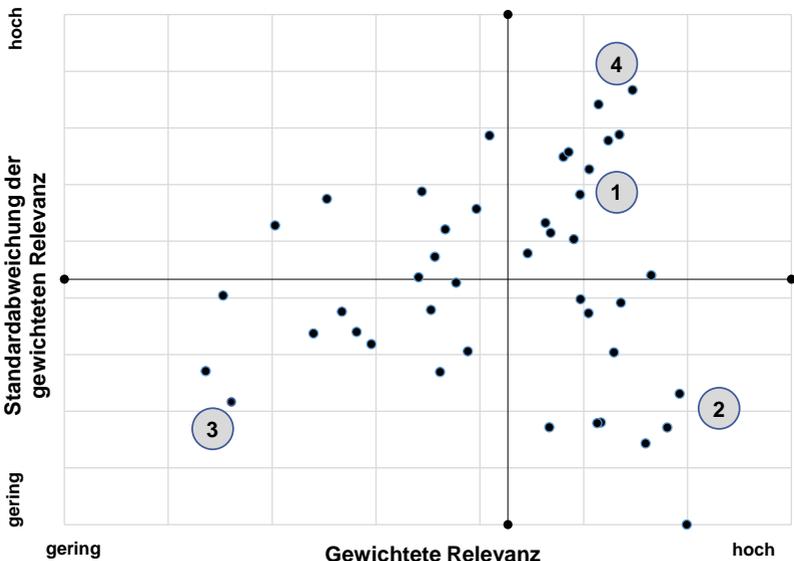


Abbildung 5.15: Auftragung der gewichteten Relevanz einer Produkteigenschaft und deren Standardabweichung nach Marthaler und Stehle, et al. (2020)

Die **Zukunftsrobustheit** ergibt sich damit aus der kombinierten Betrachtung der gewichteten Relevanz einer Produkteigenschaft und deren Standardabweichung.

*Eine hohe Zukunftsrobustheit sagt aus, dass die technische Realisierung einer Produkteigenschaft auch beim Eintreten verschiedener Entwicklungen der Umfelder einen großen Beitrag zur Kundenzufriedenheit leisten wird.*

Eine hohe Zukunftsrobustheit zeigt damit, dass die Erfüllung einer Eigenschaft, auch beim Eintreten verschiedener Umfelder, einen Beitrag zur Wettbewerbsdifferenzierung leisten kann. Wird über die verschiedenen Umfelder die Relevanz einer Eigenschaft beispielsweise durchgehend als hoch eingeschätzt, ist eine hohe Zukunftsrobustheit der Eigenschaft bezüglich der Umfelder festzustellen. Hohe Robustheiten sind mit einer hohen Sicherheit zu verstehen, in der Gestalt, dass die Realisierung einer Eigenschaft in einer Produktgeneration zukünftig – auch in verschiedenen Umfeldern – für Wettbewerbsvorteile beziehungsweise Kundenzufriedenheit sorgen kann.

## 5.2.6 Potentialanalyse: Bewertung des Inventionspotentials

Neben der Bestimmung der Zukunftsrobustheit, ist die Bewertung des **Inventionspotentials** notwendig. Entsprechend des vorhergehenden Kapitels wird im Folgenden dieser Begriff schrittweise hergeleitet. Um ein Verständnis des Inventionspotentials zu schaffen sind folgende Schritte durchzuführen beziehungsweise folgende Definitionen einzuführen:

*Das **umfeldspezifische Inventionspotential** ( $I_{i,j}$ ) einer Produkteigenschaft ist der mögliche Umfang schöpferischer Leistung zur Realisierung einer Produkteigenschaft durch eine technische Neuerung in einem betrachteten Umfeld. Der Index  $i$  indiziert die Produkteigenschaft. Der Index  $j$  indiziert das betrachtete Umfeld.*

Zur Bewertung des Inventionspotentials können unterschiedliche Metriken herangezogen werden. Im Rahmen dieser Arbeit wird zur Durchführung der Bewertung des Inventionspotentials das Modell der PGE und das daraus abgeleitete PGE – Risikoportfolio nach Albers gewählt (vergleiche Kapitel 2.1.2), da dieses bereits zur Ableitung der Systematik genutzt wurde und in der Domäne der Produktentwicklung ein allgemein bekanntes und anerkanntes Modell zur Beschreibung von beobachteten Phänomenen ist. Als Bewertungsmetrik wird entsprechend der neun Felder des PGE-Risikoportfolios, eine Skala von eins bis neun herangezogen, wobei mit der neun als Maximalwert das höchste Inventionspotential verbunden wird (siehe Abbildung 5.16). Dieser Wert ist dann als Bewertung heranzuziehen, wenn zur Realisierung eines neuen Prinzips nur externe Referenzen aus anderen Branchen herangezogen

werden können. Handelt es sich hingegen um eine Übernahmevariation, für welche Referenzen im eigenen Entwicklungsteam vorliegen, ist das Inventionspotential mit dem geringsten Wert der Skala zu bewerten. Die dazwischenliegenden Ausprägungen der Skala ergeben sich entsprechend der in Abbildung 5.16 gezeigten Fallunterscheidung.

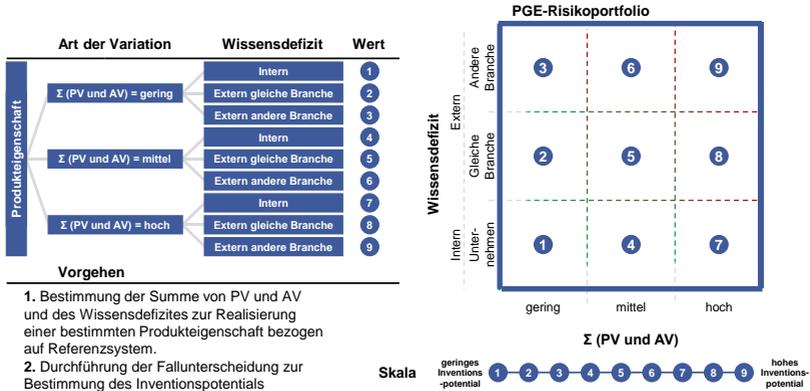


Abbildung 5.16: PGE-Risikoportfolio als Bezugsgröße zur Unterstützung der Bewertung des Inventionspotentials; PGE-Risikoportfolio nach Albers und Rapp, et al. (2017)

Diese zuvor gezeigte Bewertung des Inventionspotentials ist für jede Produkteigenschaft in jedem betrachteten Umfeld durchzuführen. Die folgende Tabelle 19 stellt exemplarisch für vier ausgewählte Produkteigenschaften das Ergebnis der Bewertung des umfeldspezifischen Inventionspotentials anhand von vier<sup>6</sup> Umfeldszenarien dar.

Tabelle 19: Ergebnis der Bewertung des umfeldspezifischen Inventionspotentials

Nr.	Produkteigenschaft	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
1	Digitale Sicherheit	9	6	3	2
2	Aktive Sicherheit	6	5	6	6
3	Grad der KI-Unterstützung	8	9	8	6
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	3	9	2	2

<sup>6</sup> Zur Vereinfachung erfolgt das Rechenbeispiel nur mit vier Szenarien, wobei im Leitbeispiel neun Szenarien berücksichtigt wurden.

Durch Bildung des Mittelwerts ergibt sich das **gewichtete Inventionspotential**.

Das **gewichtete Inventionspotential**  $gI_i$  ist der mögliche Umfang schöpferischer Leistung zur Realisierung einer Produkteigenschaft durch eine technische Neuerung über die Gesamtheit der betrachteten Umfeldler. Die Gewichtung erfolgt durch eine Bewertung der Eintrittserwartungen der betrachteten Umfeldler.

Folgende Gleichung 4 wird zur Berechnung des gewichteten Inventionspotentials ( $gI_i$ ) herangezogen, wobei  $J$  der Summe der betrachteten Umfeldler entspricht und  $G_j$  der Gewichtungsfaktor des jeweiligen Umfelds ist.

$$gI_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^J I_j} \sum_{j=1}^J I_{i,j} * G_j \quad 4$$

Die Gewichtung erfolgt entsprechend des bei der Relevanzbewertung gezeigten Vorgehens. Das folgende in Tabelle 20 gezeigte Rechenbeispiel, stellt exemplarisch das Ergebnis dieses Berechnungsschrittes dar.

Tabelle 20: Ergebnis der Bewertung des gewichteten Inventionspotentials

Nr.	Produkteigenschaft	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Gewichtete Relevanz
	Gewichtungsfaktor	0,2	0,3	0,3	0,2	
1	Digitale Sicherheit	9	6	3	2	<b>4,9</b>
2	Aktive Sicherheit	6	5	6	6	<b>5,7</b>
3	Grad der KI-Unterstützung	8	9	8	6	<b>7,9</b>
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	3	9	2	2	<b>4,3</b>

Es ist jedoch nicht ausreichend den Mittelwert des Inventionspotentials heranzuziehen, da damit keine Aussage über die Ähnlichkeit der Bewertungen über die betrachteten Umfeldler getroffen werden kann. Weiterhin ist somit die Standardabweichung zu ermitteln.

Die **Standardabweichung des gewichteten Inventionspotentials** ( $sgI_i$ ) ist die Streuung des Inventionspotentials einer Produkteigenschaft über alle betrachteten und gewichteten Umfelder. Diese liefert eine Aussage über die Ähnlichkeit der Inventionspotentialbewertungen einer Produkteigenschaft über die betrachteten Umfelder.

Die Standardabweichung wird anhand der folgenden Gleichung 5 bestimmt.

$$sgI_i = \sqrt{\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J (I_{ij} - gI_i)^2} \quad 5$$

Das folgende in Tabelle 20 gezeigte Rechenbeispiel, stellt exemplarisch das Ergebnis dieses Berechnungsschrittes dar.

Tabelle 21: Ergebnis der Bewertung der Standardabweichung gewichteten Inventionspotentials

Nr.	Produkteigenschaft	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Standardabweichung des gewichteten Inventionspotentials
	Gewichtungsfaktor	0,2	0,3	0,3	0,2	
1	Digitale Sicherheit	9	6	3	2	1,4
2	Aktive Sicherheit	6	5	6	6	0,2
3	Grad der KI-Unterstützung	8	9	8	6	0,6
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	3	9	2	2	1,5

Das gewichtete Inventionspotential einer Produkteigenschaft und deren Standardabweichung können nun in gegenseitigen Kontext gestellt werden. Tabelle 22 stellt dazu diese beiden Größen zunächst gemeinsam dar.

Tabelle 22: Gewichtetes Inventionspotential und Standardabweichung des gewichteten Inventionspotentials

Nr.	Produkteigenschaft	Gewichtetes Inventionspotential	Standardabweichung des gewichteten Inventionspotentials
1	Digitale Sicherheit	4,9	1,4
2	Aktive Sicherheit	5,7	0,2
3	Grad der KI-Unterstützung	7,9	0,6
4	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	4,3	1,5

Weiterhin lassen sich diese beiden Größen für jede Produkteigenschaft in einem Diagramm graphisch visualisieren (siehe Abbildung 5.17). Die beiden schwarzen Begrenzungslinien stellen dabei die Mittelwerte aller Eigenschaftsbewertungen hinsichtlich der beiden betrachteten Größen dar. Die Nummern 1 – 4 repräsentieren die Produkteigenschaften aus Tabelle 22.

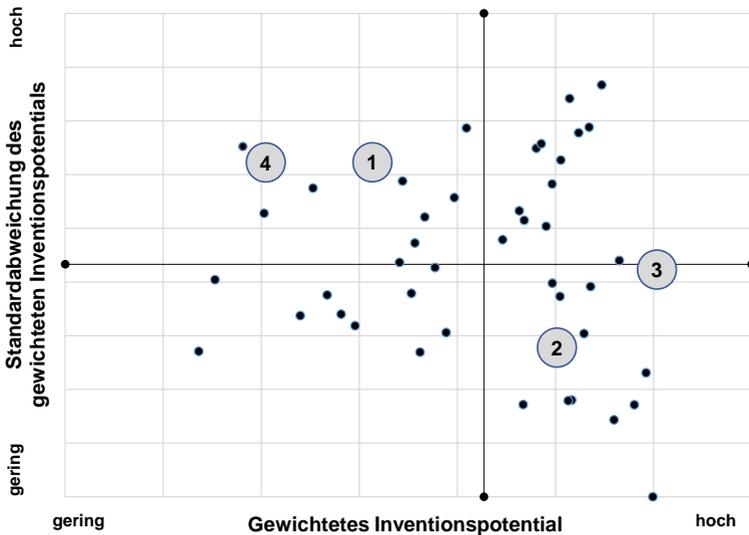


Abbildung 5.17: Auftragung des gewichteten Inventionspotentials einer Produkteigenschaft und deren Standardabweichung nach Marthaler und Stehle, et al. (2020)

*Das **Inventionspotential** ergibt sich damit aus der kombinierten Betrachtung des gewichteten, umfeldspezifischen Inventionspotentials einer Produkteigenschaft und dessen Standardabweichung.*

Ein hohes Inventionspotential sagt aus, dass der mögliche Umfang schöpferischer Leistung zur Realisierung einer Produkteigenschaft durch eine technische Neuerung auch beim Eintreten verschiedener Entwicklungen der Umfelder hoch ist.

## **5.2.7 Potentialanalyse: Bewertung der Innovationspotentiale**

Zur Bewertung des Innovationspotentials werden die zuvor durchgeführten Bewertungen hinsichtlich Zukunftsrobustheit und Inventionspotential in einem Portfolio zusammengeführt. Eine Produkteigenschaft besitzt dem Verständnis dieser Arbeit folgend dann ein besonders hohes Innovationspotential, wenn sowohl das Inventionspotential als auch die Zukunftsrobustheit hoch sind. Weiterhin folgt die Zusammenführung dem Verständnis nach Schuh et al. (2009), nach welchem besonders zukunftsrobuste Produkteigenschaften zuerst umgesetzt werden sollen und entsprechend eine zeitliche Sequenz abgeleitet werden kann. Diese Sequenzierung wird ebenso auf das Inventionspotential übertragen. Produkteigenschaften mit einem hohen Inventionspotential sowie einer hohen Zukunftsrobustheit sind damit bei der Entwicklung zu priorisieren. Die Zusammenführung der beiden Kenngrößen wird unter Berücksichtigung der Sequenzierung in der folgenden Abbildung erkenntlich. Im Zentrum der Abbildung ist die gewichtete Relevanz über dem gewichteten Inventionspotential aufgetragen. Die grünen Begrenzungslinien entsprechen den Durchschnittsbewertungen über alle Produkteigenschaften bezüglich dieser beiden Größen und teilen das Portfolio in vier Quadranten auf, um eine Vorpriorisierung der Produkteigenschaften vorzunehmen. Diese vier Quadranten werden jeweils näher untersucht. Für diese Detailuntersuchungen wird die Standardabweichung der gewichteten Relevanz über der Standardabweichung des gewichteten, umfeldspezifischen Inventionspotentials aufgetragen. Um den Schnittpunkt der beiden Koordinatenachsen sind kreisförmige Begrenzungslinien gelegt, da mit dem Betrag des Abstands einer Produkteigenschaft vom Mittelpunkt eine Aussage über die Ähnlichkeit der Bewertungen hinsichtlich der umfeldspezifischen Relevanz und des umfeldspezifischen Inventionspotentials zwischen allen betrachteten Umfeldern getroffen werden kann. Der Radius der Kreise entspricht dem Mittelwert über alle Bewertungen im jeweiligen Quadranten. Je näher die Produkteigenschaften damit am Schnittpunkt der beiden Achsen liegen, je höher ist die Ähnlichkeit der Bewertungen. Damit geht eine hohe Sicherheit der Relevanz beziehungsweise des Inventionspotentials auch beim Eintreten verschiedener Umfelder einher. (Marthaler, Stehle, et al., 2020)

Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau

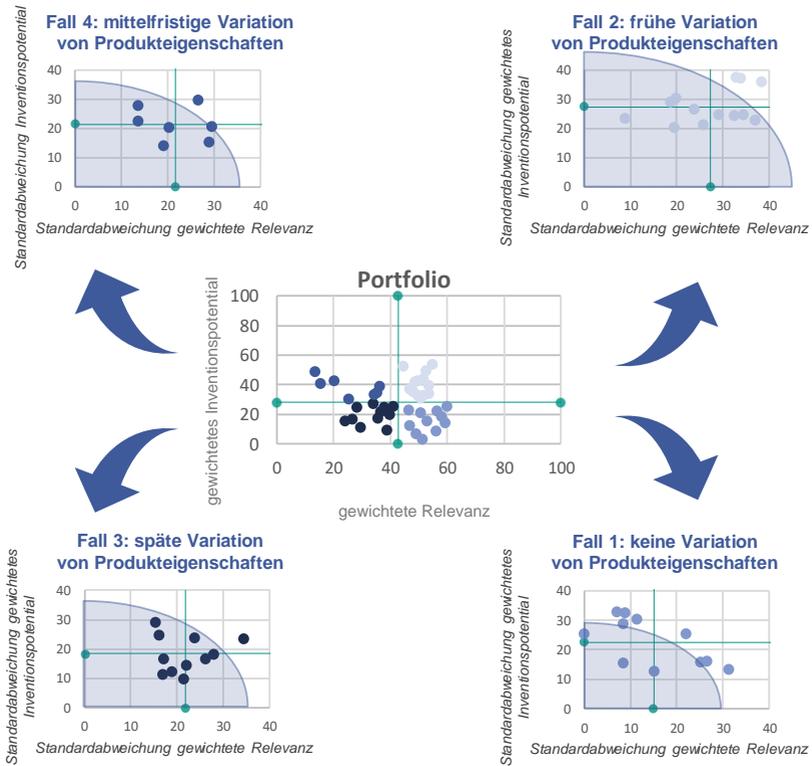


Abbildung 5.18: Zusammenführung von Relevanz und Inventionspotential nach Marthaler und Stehle, et al. (2020)

Um ein Verständnis zu schaffen, welche Implikationen durch diese Bewertung abgeleitet werden können, ist eine Fallunterscheidung notwendig:

- **Keine Variation** einer Produkteigenschaft (Quadrant unten rechts): Die hohe Zukunftsrobustheit spricht für eine hohe Sicherheit auch beim Eintreffen verschiedener Szenarien. Sofern eine bestimmte Produkteigenschaft damit in Zukunft realisiert ist, ist die Grundlage für eine Wettbewerbsdifferenzierung geschaffen. Die Realisierung dieser Eigenschaft ist damit aus Sicht der Zukunftsrobustheit erstrebenswert. Das geringe Inventionspotential zeigt, dass das Unternehmen keinen großen Kompetenzaufbau zur Realisierung dieser Produkteigenschaft betreiben muss. Es wird damit zunächst keine Variation der Produkteigenschaft empfohlen, da das Innovationspotential gesamthaft als eher gering eingeschätzt wird.
- **Frühe Variation** einer Produkteigenschaft (Quadrant oben rechts): Die hohe Zukunftsrobustheit spricht für eine hohe Sicherheit auch beim Eintreffen verschiedener Szenarien. Sofern eine bestimmte Produkteigenschaft damit in Zukunft realisiert ist, ist die Grundlage für eine Wettbewerbsdifferenzierung geschaffen. Die Realisierung dieser Eigenschaft ist damit aus Sicht der Zukunftsrobustheit erstrebenswert. Das hohe Inventionspotential zeigt, dass das Unternehmen einen großen Kompetenzaufbau, sei es durch Akquisition oder Kompetenzaufbau im eigenen Unternehmen, zur Realisierung dieser Produkteigenschaft betreiben muss. Sofern damit die strategische Entscheidung fällt, auf diese Produkteigenschaft zu setzen, ist ein früher Beginn der Entwicklung anzustreben.
- **Mittelfristige Variation** einer Produkteigenschaft (Quadrant oben links): Die geringe Zukunftsrobustheit spricht für eine hohe Unsicherheit gegenüber den betrachteten Umfeldern. Die frühe Realisierung dieser Eigenschaft ist damit aus Sicht der Zukunftsrobustheit nicht erstrebenswert. Das hohe Inventionspotential zeigt, dass das Unternehmen einen großen Kompetenzaufbau zur Realisierung dieser Produkteigenschaft betreiben muss. Es ist damit eine mittelfristige Variation der Produkteigenschaft anzustreben sowie auf eine intensive Beobachtung der Umfeldveränderungen zu achten.
- **Späte Variation** einer Produkteigenschaft (Quadrant unten links): Die geringe Zukunftsrobustheit spricht für eine hohe Unsicherheit gegenüber den betrachteten Umfeldern. Die frühe Realisierung dieser Eigenschaft ist damit aus Sicht der Zukunftsrobustheit nicht erstrebenswert. Das geringe Inventionspotential zeigt, dass das Unternehmen keinen großen Kompetenzaufbau zur Realisierung dieser Produkteigenschaft betreiben muss. Es ist damit keine kurzfristige Variation der Produkteigenschaft anzustreben, vielmehr ist auf eine Beobachtung von möglichen Umfeldveränderungen zu achten.

Das folgende 4-Felderportfolio stellt diese Fälle vereinfacht zusammenfassend dar.

hohes Inventionspotential	<b>Fall 3: mittelfristige Variation von Eigenschaften</b>	<b>Fall 2: frühe Variation von Eigenschaften</b>
geringes Inventionspotential	<b>Fall 4: späte Variation von Eigenschaften</b>	<b>Fall 1: keine Variation von Eigenschaften</b>
	geringe Zukunftsrobustheit	hohe Zukunftsrobustheit

Abbildung 5.19: 4-Felder Portfolio – Zusammenhang von Inventionspotential und Robustheit zur Ableitung von Empfehlungen für die Variation von Produkteigenschaften (Marthaler, Orsolani Uhlig, et al., 2019; Marthaler, Stehle, et al., 2020)

### 5.2.8 Potentialanalyse: Ableitung einer generationsübergreifenden Entwicklungsroadmap

Unter Berücksichtigung der oben gezeigten Fallunterscheidung kann eine generationsübergreifende Entwicklungsroadmap auf Eigenschaftsebene abgeleitet werden. Eine exemplarische Eigenschaftsroadmap für das Leitbeispiel ist in der folgenden Abbildung 5.20 dargestellt. Diese fasst alle bis dahin generierten Erkenntnisse zusammen. Dazu werden die vier Fälle über der Zeit dargestellt. Daneben ist die Größe der mittleren Standardabweichungen von Inventionspotential und Zukunftsrobustheit als gering, mittel und hoch angegeben.

		Produkteigenschaft		gewichtete Relevanz		gewichtetes Inventionspotential		keine Variation	frühe Variation (5 Jahre)	mittel-frühe Variation (10 Jahre)	späte Variation (15 Jahre)
		Totalwert	Rang	Totalwert	Rang						
Heutige relevante Produkteigenschaften	1	Grad der Zuverlässigkeit	60	1	25	23	gering				
	2	Einhaltung von Abfahrts- und Ankunftszeit	58	3	19	31	gering				
	3	Grad der Autonomie	59	2	14	36	mittel				
	4	räumliche Flexibilität	53	9	16	34	hoch				
	5	zeitliche Flexibilität	52	11	33	17		gering			
	6	Nutzungskosten	36	30	39	11			mittel		
	7	Geschwindigkeit der Fortbewegung	40	26	20	30					gering
	8	Transportmöglichkeit	30	35	11	38					mittel
	9	Aufenthaltsort	50	17	33	18		hoch			
	10	Möglichkeit zur anderweitigen Beschäftigung	52	10	50	3		gering			
	11	Lademöglichkeiten für Geräte	49	18	7	41	mittel				
	12	Kontrolle über Fahrt	20	40	43	6			gering		
	13	Mifahrenwahl	27	37	17	33					mittel
	16	Witterungsschutz	56	5	9	40	hoch				
	15	Sitzplatzgarantie	47	22	12	37	hoch				
	16	Integrierte Beleuchtungsanlage	51	13	3	42	mittel				
	17	Ablage- und Abstellmöglichkeiten	39	27	9	39					mittel
	18	Tür zu Tür Beförderung	56	4	22	27	hoch				
	19	Privatsphäre	50	15	31	19		gering			
	20	Sicherheitsgefühl	46	23	23	26	hoch				
21	Status symbol	14	42	49	4				hoch		
22	Wettbewerbsymbol	15	41	41	9				gering		
23	Parkraumbedarf	25	38	30	20				hoch		
24	Intermodalitätsefähigkeit	34	33	33	16				gering		
25	Schadstoffausstoß	54	7	34	15		hoch				
26	Lärmemissionen	36	31	18	32					hoch	
27	Flächenverbrauch	34	34	27	21					hoch	
28	Energieverbrauch	50	16	43	7		mittel				
29	Infotainmentsysteme	48	20	36	13		gering				
30	Zurücklegbare Wegstrecke	24	39	16	35					gering	
31	Digitale Sicherheit	49	19	42	8		hoch				
32	Active Sicherheitsmerkmale	47	21	27	12		hoch				
33	Systeme mit künstlicher Intelligenz	55	6	54	1		gering				
34	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	45	24	52	2		hoch				
35	Konnektivität als digitaler Arbeitsplatz	41	25	26	22					mittel	
36	Autonome Fahrt des Fortbewegungsmittels zum Nutzer	51	12	44	5		gering				
37	Selbständiges Parken und Parkplatzsuche	53	8	40	10		hoch				
38	Schlaf- und Ausruhmöglichkeit	51	14	21	29		gering				
39	Individualisierungsmöglichkeiten	35	32	35	14			mittel			
40	Automatische Beladevorgänge	37	29	22	28					hoch	
41	Stadtgrenzen übergreifend	28	36	25	25					gering	
42	Verbindung von Personenverkehr und Güterverkehr	38	28	25	24					mittel	

Abbildung 5.20: Exemplarische Entwicklungsroadmap auf Produkteigenschaftsebene (Marthaler, Stehle, et al., 2020)

### 5.2.9 Potentialumsetzung: Generieren und Validieren von Produktprofilen und -ideen auf (Teil-)systemebene

Auf Basis der zuvor generierten Erkenntnisse können im letzten Schritt der Systematik Produktprofile und -ideen generiert werden. Hierbei können eigenschaftsspezifische Kreativitätswrkshops durchgeführt werden, um Produktprofile und -ideen abzuleiten. Besonders interessant sind dazu Produktprofile, die Eigenschaften adressieren, die zuvor mit einer hohen Zukunftsrobustheit sowie einem hohen Inventionspotential bewertet wurden, da hiermit ein besonders hohes Innovationspotential verbunden wird. Die damit generierten Produktprofile (Abbildung 5.21) adressieren konkrete Suchaufträge beziehungsweise Entwicklungsumfänge und können als Arbeitsaufträge für einzelne Produktentwicklerteams verstanden werden.

## Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau

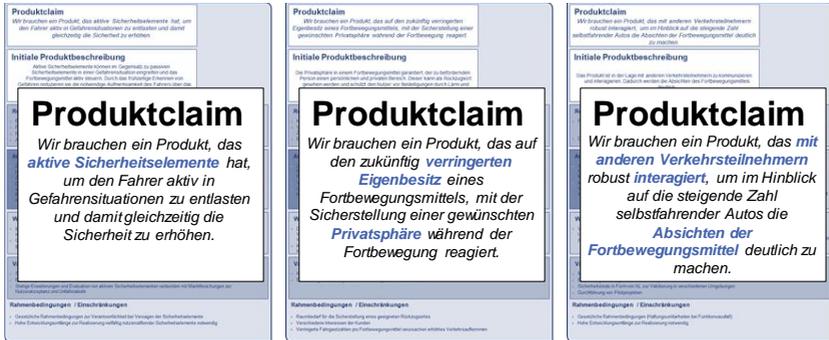


Abbildung 5.21: Entwickelte Produktprofile als Entwicklungsaufträge für Entwicklerteams (Stehle, 2019)<sup>7</sup>

### 5.2.10 Visualisierung der Systematik als Erklärvideo

Zur Veranschaulichung, Motivation und Vorstellung der entwickelten Systematik wurde ein Scribble-Video erstellt. Damit können die Kernaussagen und Kernelemente der Systematik anhand eines spezifischen Anwendungsfalls dargestellt werden. Als Beispielanwendungsfall wird hierzu die Entwicklung der neuen Produktgeneration einer Laserschneidmaschine der fiktiven Firma *Innovablech* gewählt. Dieses Erklärvideo kann hier abgerufen werden: <https://youtu.be/Ek0W6E2NQQ>. Die folgenden beiden Abbildungen zeigen einzelne Sequenzen dieser Kurzgeschichte (Krastev, 2019)<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>8</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

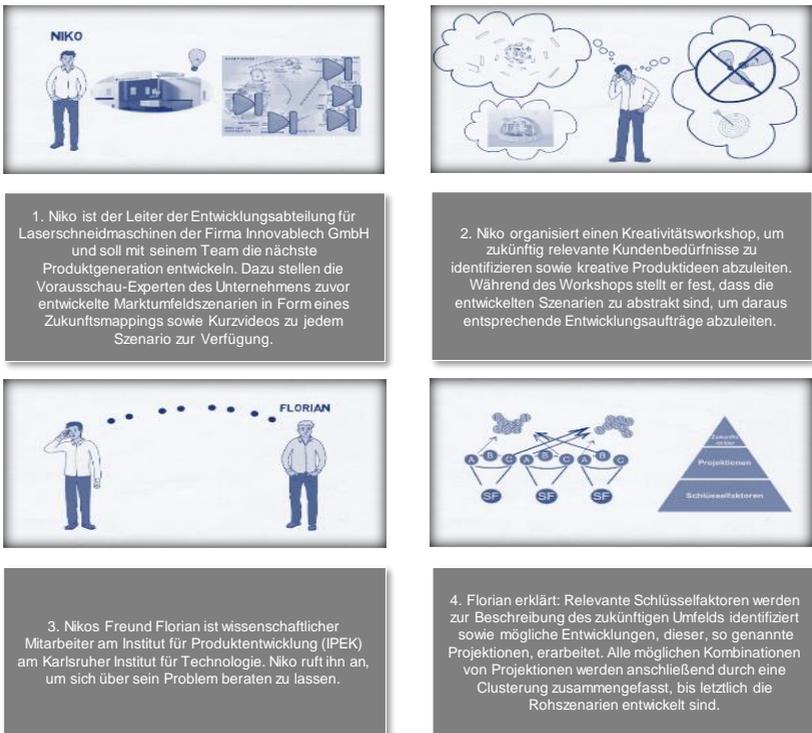


Abbildung 5.22: Visualisierung der Systematik als Bilder Geschichte (1) (Krastev, 2019)<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

# Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau



5. Das Problem bei dieser Vorgehensweise ist, dass das zuvor explizierte Wissen bei der Entwicklung der Szenarien abstrahiert wird. Um Zugriff auf das generierte Zukunftswissen zu erlangen, muss eine Verknüpfung von zukünftigen Schlüsselfaktoren sowie deren Projektionen und den relevanten zu entwickelnden technischen Teilsystemen geschaffen werden.

6. Deshalb entwickelt Florian am IPEK eine Systematik, die die Entwicklung von mehreren aufeinanderfolgenden Produktgenerationen mit langfristigem Zeithorizont durch die Integration von Vorausschau ermöglicht.



7. Die abgeleitete Systematik gibt sieben Schritte vor, um die Vorausschauergebnisse für den Produktentstehungsprozess zu nutzen.

8. Das Ziel ist eine Entwicklungsroadmap abzuleiten, die eine teilsystemspezifische Ableitung von Produktprofilen zu optimalen Variationszeitpunkten ermöglicht.



9. Niko freut sich, dass die Systematik sich dazu eignet, zukunftsrobuste Produktprofile zu generieren und damit konkrete Entwicklungsaufträge abzuleiten und zu priorisieren.



Abbildung 5.23: Visualisierung der Systematik als Bildergeschichte (2) (Krastev, 2019)<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

## 5.3 Zwischenfazit

Auf Basis der Interpretation der in der ersten deskriptiven Studie identifizierten Erfolgsfaktoren konnte eine Systematik entwickelt werden, die das Ziel verfolgt Produktentwickler zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung zu befähigen.

Folgende **Erkenntnisse** beziehungsweise Nutzenversprechen werden für den Produktentwickler abgeleitet:

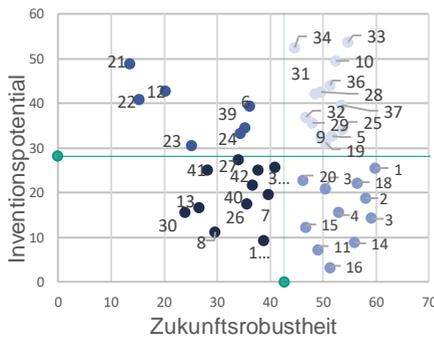
- Wissen um zukünftig relevante Produkteigenschaften
- Unterstützung des Produktentwicklers bei der Identifikation von Suchfeldern mit hohem Innovationspotential: Fokussierung der Kreativität der Produktentwickler
- Unterstützung des Produktentwicklers bei der Identifikation zukünftiger Produktprofile
- Unterstützung des Produktentwicklers bei der Priorisierung von Entwicklungsumfängen: Bewusster Umgang mit Unsicherheit bei der Entscheidungsfindung
- Strukturierter Prozess von Szenarien zu Produktprofilen: Dokumentierte Entscheidungsfindung

Nach der Durchführung der entwickelten Systematik liegen dem Produktentwickler darüber hinaus drei konkrete **Ergebnisse** vor. Diese werden in der folgenden Abbildung veranschaulicht.

## Roadmap

		Eigenschaft	Zukunfts-robustheit	Inventions-potential	keine Variation	frühe Variation	mittelfristige Variation	späte Variation
Zukünftig relevante Produkteigenschaften	31	Digitale Sicherheit	49	42				
	32	Aktive Sicherheitselemente	47	37				
	33	Systeme mit künstlicher Intelligenz	55	54				
	34	Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern	45	52				
	35	Konnektivität als digitaler Arbeitsplatz	41	26				
	36	Autonome Fahrt des Fortbewegungsmittels zum Nutzer	51	44				
	37	Selbständiges Parken und Parkplatzsuche	53	40				
	38	Schlaf- und Ausruhmöglichkeit	51	21				
	39	Individualisierungsmöglichkeiten	35	35				
	40	Automatische Beladevorgänge	37	22				
	41	Stadtgrenzen übergreifend	28	25				
	42	Verbindung von Personenverkehr und Güterverkehr	38	25				

## Portfolio



## Produktprofile

Product Profile Claim			
<p>Bei zukünftigen Systemen, die die von Verbrennungsmotor verursachten Drehmomentfluktuationen im Bereich bis niedriger Drehzahlbereich (1000-2000 U/min) durch den Antriebsstrang oder den Gesamtsystem WRT mit Fokus auf Drehmoment- und Antriebsleistungsreduzierung, Schwingen und/oder auf das Produkt mit den neuen Verbrennungsmotoren abgleichbar für den Markt zu machen.</p>			
<p><b>Initiale Produktbeschreibung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Integration des Motorschwingens in den Designraum des Kupplungssystems</li> <li>Aufbau in zwei Drehmomenten um so Schwingungssystem zu vermeiden</li> <li>Keine Erhöhung der Schakkräfte</li> </ul>			
<p><b>Nutzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Motorleistungsanstieg</li> <li>Torsionsanpassung der KS</li> </ul>	<p><b>Anwendungsfälle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die höheren Drehmomentfluktuationen neuerer Motoren und der Trend des Betriebes mit niedrigen Motorabstrakten zur Verbrennungsmotor, können zu Geräuschen und Schwingungen im Fahrzeug</li> </ul>	<p><b>Abbindeutzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preis im Markt</li> <li>Neues Produkt mit Leistungsmerkmalen für den Kunden (Fahrweg/CSA) ...</li> </ul>	<p><b>Kundenutzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schwingungsreduzierung ermöglicht die Nutzung von neuen Motoren mit besseren Wirkungsgraden und besserer Leistung</li> </ul>
<p><b>Anwenderutzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Neue Fahrzeugkonstruktionen mit verbesserter, niedrigerem Motorleistungs, niedrigerem Verbrauch, höherer Antriebsleistung und verbesserter Fahrgeladung</li> </ul>	<p><b>Wettbewerb</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Torsionsanpassung an Leistungsmerkmale</li> <li>Wettbewerbsvorteile können Funktionen nicht erfüllen</li> </ul>	<p><b>Nachfrage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Neue Motoren mit höherer Leistungsstärke und niedrigerem Verbrauch sollen realisiert werden, um durch noch höhere Fahrzeugen den Fahrspaß zu erhöhen und gleichzeitig den Verbrauch zu senken</li> </ul>	
<p><b>Validierung des Produktprofils durch...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kundenprofil durch Mechanikus und Kundenbefragung</li> <li>Aufbau von Fahrzeugen mit Prototypen und Vergleich durch WRT-Bemessung um unterschiedlichen Validationsstrategien</li> </ul>			
<p><b>Realisierungsfragen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erhöhe den Wert des Kupplungssystems muss in den definierten, vorhandenen Bauteilen der Getriebegehäuse zwischen dem Motor und Getriebe möglich sein</li> <li>Schaltzeit und Schaltqualität sowie Anfahrqualität und Anfahrleistung dürfen nicht verschlechtert werden</li> </ul>			

Abbildung 5.24: Generierte Ergebnisse durch Anwendung der Systematik

## 6 Evaluation der Systematik in der Produktentwicklung

In Kapitel 6 erfolgt die Vorstellung der zweiten deskriptiven Studie. Diese hat zum Ziel, die in Kapitel 3.1.4 formulierte Forschungsfrage zu beantworten.

3. Welchen Beitrag kann die entwickelte Systematik leisten, um die aus der Vorausschau gewonnenen Erkenntnisse zum Generieren und Validieren von Produktprofilen und –ideen mit hoher Zukunftsrobustheit und hohem Inventionspotential zu nutzen?

Gemäß der in Kapitel 3.2.1 vorgestellten „Spiral of Applied Research“ (Eckert et al., 2003) wird in diesem Kapitel die Evaluation der Systematik durchgeführt. Die Evaluation erfolgt anhand verschiedener Anwendungsfälle. Dazu werden Entwicklungsprojekte mit unterschiedlichen Planungshorizonten sowie Branchen mit unterschiedlichen Produktlebenszyklen herangezogen. Als Grundlage zur Evaluation wird auf die Support-, Success- und Application-Evaluation nach Blessing und Chakrabarti zurückgegriffen (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Folgende Teilfragen werden zur Spezifikation abgeleitet:

- 3.1 Wie sind Support-, Success- und Application-Evaluation im Kontext dieser Arbeit zu interpretieren?
- 3.2 Wie gestaltet sich daraus das Evaluationskonzept zur Durchführung der Support-, Success- und Application-Evaluation?
- 3.3 Welcher Effekt kann durch die entwickelte Systematik hinsichtlich der Zukunftsrobustheit und des Inventionspotentials der generierten Produktprofile und –ideen erzielt werden?

Zur Generierung der Ergebnisse trug eine betreute Bachelorarbeit bei (Bruns, 2020)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

## **6.1 Support-, Application- und Success-Evaluation in dieser Arbeit**

Auf Basis der Support-, Application- und Success-Evaluation nach Blessing und Chakrabarti (2009) erfolgt die Ableitung des dieser Forschungsarbeit zugrunde gelegten Vorgehens zur Durchführung der Evaluation. Dazu werden im Folgenden zunächst die Zielsetzungen der Evaluation formuliert:

Ziel der Support-Evaluation ist im Kontext dieser Arbeit die Untersuchung, ob die entwickelte Systematik grundlegend zum Ableiten von Produktprofilen und -ideen geeignet ist. Durch die Support-Evaluation soll die entwickelte Systematik damit auf Widerspruchsfreiheit, Konsistenz und Logik untersucht werden (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Ziel der Application-Evaluation ist die Analyse der Anwendbarkeit und Nutzbarkeit der Systematik zur Ableitung von Produktprofilen (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Ziel der Success-Evaluation ist es, den Effekt der entwickelten Systematik auf das Inventionspotential sowie die Zukunftsrobustheit der abgeleiteten Produktprofile nachzuweisen. Dazu erfolgt der Vergleich von Produktprofilen, die mithilfe der in dieser Arbeit entwickelten Systematik abgeleitet wurden, mit Produktprofilen, die mit anderen Vorgehensweisen entwickelt wurden (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Die Durchführung der Support-Evaluation und Application-Evaluation wird durch einen standardisierten, quantitativen Fragebogen auf Basis der in Kapitel 4.3.2 identifizierten Erfolgsfaktoren durchgeführt. Die Evaluation erfolgt in dieser Forschungsarbeit anhand eines gemeinsamen Fragebogens, da so zum einen eine effizientere Durchführung der Evaluation ermöglicht wird und zum anderen nicht alle Erfolgsfaktoren trennscharf der Support- und Application-Evaluation zugeordnet werden können.

Die Durchführung der Success-Evaluation erfolgt durch eine Vergleichsstudie mit Test- und Kontrollgruppen sowie einer Expertenjury, die die entwickelten Produktprofile bewertet.

## 6.1.1 Support- und Application-Evaluation im Kontext dieser Arbeit

Die Support- und Application-Evaluation erfolgt durch den im Folgenden vorgestellten standardisierten Fragebogen anhand der identifizierten Erfolgsfaktoren.

Tabelle 23: Standardisierter Fragebogen zur Durchführung der Support- und Application-Evaluation (Bruns, 2020)<sup>2</sup>

Nr.	Erfolgsfaktor	Abgeleitete Fragen für quantitativen Fragebogen	Evaluationsart
M1	Die Durchführung der Systematik muss vom Anwendenden akzeptiert werden.	1. Wird die Systematik akzeptiert?	Application-Evaluation
M2	Die Systematik muss die Vorteile der Anwendung von Vorausschau gegenüber der Nicht-Anwendung trotz hoher Initialaufwände aufzeigen.	2.1 Werden durch die Anwendung der Systematik Vorteile gegenüber der Nichtanwendung ersichtlich?	Application-Evaluation
		2.2 Rechtfertigen die Vorteile der Anwendung der Systematik den Initialaufwand?	Application-Evaluation
M3	Die Systematik muss für den Produktentwickler intuitiv anwendbar sein.	3. Ist die Systematik intuitiv anwendbar?	Application-Evaluation
M4	Die Systematik muss in nachvollziehbaren Schritten gegliedert sein.	4. Ist die Systematik in nachvollziehbaren Schritten gegliedert?	Application-Evaluation
M5	Die Systematik muss zweckmäßige Umfeldbetrachtungen (primär Markt, sekundär Branche, Wettbewerb und Technologie sowie tertiär Politik) beinhalten.	5. Ermöglicht die Systematik die Betrachtung der zukünftigen Entwicklungen eines zweckmäßigen Umfeldes?	Support Evaluation
M6	Die Systematik muss den bewussten Umgang mit Chancen und Risiken von Entwicklungsumfängen ermöglichen und damit die richtige Priorisierung einzelner Entwicklungsumfänge auf die verschiedenen Produkte und Produktgenerationen sicherstellen.	6.1 Ermöglicht die Systematik das Identifizieren potentieller Chancen und Risiken	Support Evaluation
		6.2 Unterstützt die Systematik bei der Priorisierung von Entwicklungsumfängen über mehrere Produktgenerationen?	Support Evaluation
M7	Die Systematik muss die Ergebnisse der Vorausschau so aufbereiten, dass der Entwickler in fokussierten und definierten Suchfeldern sein Kreativitätspotential entfalten kann.	7.1 Unterstützt die Systematik bei der Identifikation von Suchfeldern mit hohem Innovationspotential?	Support Evaluation
M8	Die Systematik ermöglicht die Integration der unternehmensspezifischen Kompetenzen.	8. Integriert die Systematik die heutigen Kompetenzen des Unternehmens?	Support Evaluation
M9	Die Systematik muss den Abgleich mit der Entwicklungshistorie beziehungsweise abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicherstellen.	9. Stellt die Systematik den Abgleich mit der Entwicklungshistorie beziehungsweise abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicher?	Support Evaluation

<sup>2</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Nr.	Erfolgsfaktor	Abgeleitete Frage für quantitativen Fragebogen	Zuordnung des Erfolgsfaktors
M 10	Die Systematik muss das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien ermöglichen und damit die Produktdifferenzierung sicherstellen.	10. Ermöglicht die Systematik das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien?	Support Evaluation
S1	Die Systematik muss den Anker der Gegenwart lösen und das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft ausrichten.	1. Löst die Systematik den Anker der Gegenwart und richtet das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft?	Support Evaluation
S2	Die Systematik muss den Transfer zwischen konkreten Vorausschauergebnissen und den Anforderungen an ein zukünftiges Produkt auf technischer Teilsystemebene ermöglichen.	2. Ermöglicht die Systematik den Transfer zwischen konkreten Vorausschauergebnissen und den Anforderungen an ein zukünftiges Produkt auf Teilsystemebene?	Support Evaluation
S3	Die Systematik unterstützt bei der Qualitätsbetrachtung der Ein- und Ausgangsinformationen?	3. Unterstützt die Systematik bei Qualitätsbetrachtung der Ein- und Ausgangsinformationen?	Support Evaluation
S4	Die Systematik muss für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar sein.	4. Ist die Systematik für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar?	Application-Evaluation
P1	Die Systematik muss die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess ermöglichen.	1. Ermöglicht die Systematik die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess?	Application-Evaluation
P2	Die Systematik muss die Integration der externen Kunden (Anwender und Kunde) in den Vorausschauprozess ermöglichen.	2. Ermöglicht die Systematik die Integration der externen Kunden in den Entwicklungsprozess?	Application-Evaluation
P3	Die Systematik muss die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse anregen.	3. Regt die Systematik die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse an?	Application-Evaluation
P4	Die Systematik lässt sich in bestehende Prozesse der Produktentwicklung einbinden.	4. Lässt sich die Systematik in bestehende Prozesse der Produktentwicklung einbinden?	Application-Evaluation
P5	Die Systematik muss über klare Schnittstellen zwischen der strategischen Produktplanung und Produktentwicklung verfügen und eine klare Rollenverteilung definieren.	5. Verfügt die Systematik über klare Schnittstellen zwischen der strategischen Produktplanung und der Produktentwicklung?	Application-Evaluation
P6	Die Systematik muss über klare Schnittstellen zwischen der strategischen Produktplanung und Produktentwicklung verfügen und eine klare Rollenverteilung definieren.	6. Ermöglicht die Systematik die systematische Verwertung des generierten Wissens über mehrere Produktgenerationen?	Application-Evaluation

### **6.1.2 Success-Evaluation im Kontext dieser Arbeit**

Die Success-Evaluation ist die aufwändigste und komplexeste Form der Evaluation in dieser Forschungsarbeit. Dies ist darin begründet, dass der Zeitraum von der Entwicklung eines Produktprofils und der darauf basierend entwickelten Invention bis zur Markteinführung länger ist als die zur Verfügung stehende Gesamtbearbeitungsdauer dieser Forschungsarbeit. Zur Durchführung der Success-Evaluation wird deshalb das nun vorgestellte Vorgehen entwickelt. Dieses basiert auf zwei Herangehensweisen:

Die erste Herangehensweise ist die Einbindung einer unabhängigen Expertenjury, die die entwickelten Produktprofile bewertet. Unabhängig bedeutet in diesem Fall, dass die Experten keine Informationen zur Vorgehensweise auf Basis derer die Produktprofile entwickelt wurden, haben. Als Experten werden in diesem Kontext Personen verstanden, die hinsichtlich der Entwicklungsaufgabe sowie dem betrachteten System eine langfristige Expertise besitzen. Die Experten bekommen die Produktprofile vorgelegt und bewerten diese hinsichtlich des Inventionspotentials, Time-to-Market und Zukunftsrobustheit auf einer dreistufigen Skala.

Die zweite Herangehensweise ist die Durchführung der Studie in einem Vergleichs- und Testgruppendesign. So erhält die Testgruppe neben den Vorausschauergebnissen Zwischenergebnisse, die mit der in dieser Arbeit entwickelten Systematik generiert wurden. Die Testgruppe wendet die Systematik in dieser Laborstudie nicht vollständig an, da nur eine begrenzte Zeit zur Durchführung der Studie zur Verfügung steht. Die Kontrollgruppe erhält nur die Vorausschauergebnisse.

Durch die Zusammenführung dieser beiden Herangehensweisen kann der Effekt der Systematik hinsichtlich des Inventionspotential, der Time-to-Market und der Zukunftsrobustheit nachgewiesen werden.

Die beiden Herangehensweisen werden wie in der folgenden Abbildung dargestellt zusammengeführt.

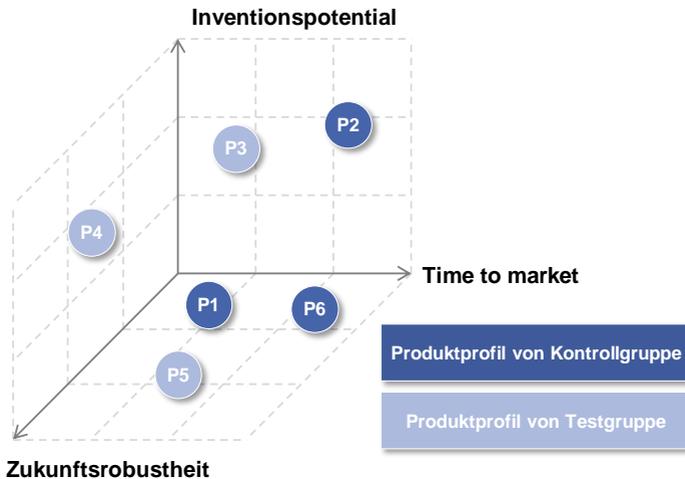


Abbildung 6.1: Exemplarische Visualisierung der Success-Evaluation

## 6.2 Abgeleitetes Evaluationskonzept der zweiten deskriptiven Studie im Kontext dieser Arbeit

Ausgehend von der oben vorgestellten Interpretation von Support-, Application- und Success-Evaluation im Kontext dieser Arbeit wird ein Vorgehen zur Evaluation von Methoden der Zukunftsvorausschau in der Produktentwicklung erarbeitet. Die Re-kombination bestehender Ansätze zur Evaluation von Design Support auf der einen Seite, und Grundlagen zur Auswertung von Verhaltensstudien auf der anderen bilden die Basis des Evaluationskonzepts. Dennoch werden Langzeitstudien über die Erfolgsaussichten von mit als gut evaluierten Methoden der Zukunftsvorausschau entwickelten Produkten tieferen Aufschluss über die Effektivität und Effizienz des in dieser Arbeit entwickelten Systematik liefern.

## 6.2.1 Untersuchungsumgebungen

Forschungsstudien werden klassischerweise in Labor- und Feldstudien unterteilt (F. Becker, 2020). In Laborstudien sind die gewünschten Randbedingungen vergleichsweise leicht veränderbar und die Ergebnisse gut reproduzierbar. Allerdings neigen Teilnehmer von Laborstudien zu unnatürlichem Verhalten, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Wirklichkeit bei Methoden zur Produktentwicklung erschwert. Feldstudien bilden die Realität praktisch ab, was eine hohe Übertragbarkeit der Ergebnisse ermöglicht, allerdings unterliegen die Ergebnisse vielen unkontrollierbaren Einflüssen (Renttenbach & Christ, 2018). Zwischen diesen beiden Extrema existieren weitere Forschungsumgebungen. Als Beispiele sind Forschungsfabriken wie die *E<sup>3</sup>-Produktion* der Fraunhofer Gesellschaft (Putz & Klocke, 2017), die *ETA-Fabrik* der Technischen Universität Darmstadt (E. Abele, Schneider & Maier, 2018) oder das am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entwickelte *Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung* zu nennen. Dieses ist eine Untersuchungsumgebung, das zur Erforschung, Entwicklung und Evaluation von Prozessen und Methoden der Produktentwicklung konzipiert ist (Walter et al., 2016). Entscheidender Vorteil von Live-Labs ist die bessere Kontrolle über Variablen, die in Feldversuchen oft nicht darstellbar ist, während die Umgebung keine Verhaltensänderungen der Probanden herbeiführt, wie es in Laborstudien häufig zu beobachten ist. Im Live-Lab IP entwickeln circa 40 Studierende in sechs Monaten Lösungen für eine von einem jährlichen wechselnden Unternehmenspartner gestellte Entwicklungsaufgabe. Den Gruppenmitgliedern werden dabei unterschiedliche Aufgaben zugewiesen. Es gibt unter anderem einen Methodeningenieur, einen Validierungsingenieur, einen Systemingenieur sowie einen Konstruktionsingenieur (Marthaler, Orsolani Uhlig, et al., 2019). Der Methodeningenieur ist für die Entscheidung zur Durchführung von Kreativitätsmethoden zur Produktprofil- und Produktideenfindung hauptverantwortlich. Im Rahmen von IP setzen sich die Methodeningenieure intensiv mit dem Einsatz von Vorausschau zur Produktprofil- und Produktideenfindung auseinander. Die Studierenden stellen ihre Ergebnisse in Meilensteinen dem Projektpartner vor, wobei der Projektpartner über den weiteren Projektverlauf entscheidet.

### 6.2.2 Dreistufiges Evaluationskonzept

Das erarbeitete Evaluationskonzept beinhaltet ein Vorgehen in drei Teilschritten, aus denen acht Schlüsselergebnisse resultieren. Die Schlüsselergebnisse sind stets numerische Werte. Diese werden unter Anwendung der Effektstärke nach Cohen (1988) verglichen. Die Schlüsselergebnisse liefern spezifische Aussagen zu den Evaluationsarten; der Support-, Application- und Success-Evaluation. Abbildung 6.2 visualisiert das vorgeschlagene Evaluationskonzept:

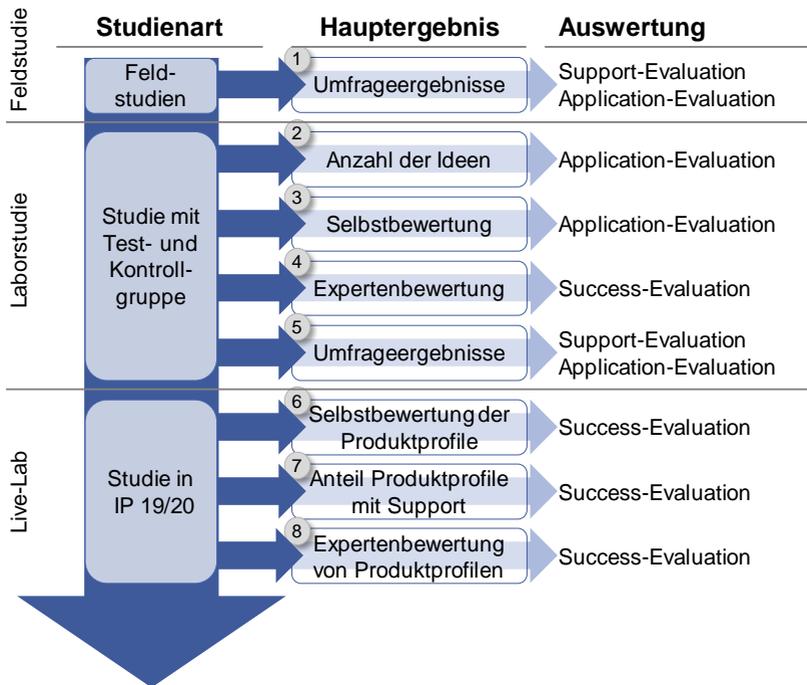


Abbildung 6.2: Erarbeitetes Evaluationskonzept (Bruns, 2020)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

### **6.2.3 Feldstudien: Erster Teilschritt des Evaluationskonzepts**

Es empfiehlt sich den zu evaluierenden Design Support zunächst in Unternehmen unterschiedlicher Branchen anzuwenden, um eine grundlegende Durchführbarkeit zu prüfen. Die hohe externe Validität und hohe Repräsentativität bei niedriger Reaktivität zeichnet diesen Feldforschungsansatz aus (F. Becker, 2020).

#### **Umfrageergebnisse aus Feldstudien (Erstes Schlüsselergebnis)**

Im Anschluss an die Anwendung des Design Supports findet dazu eine Umfrage unter den Anwendern der Systematik statt. Diese evaluiert die Erfüllung der bereits in Tabelle 23 vorgestellten Erfolgsfaktoren (Marthaler, Orsolani Uhlig, et al., 2019).

Dieses erste Schlüsselergebnis gibt Aufschluss über die technische und fehlerfreie Funktionalität (Support-Evaluation) des Design Supports und evaluiert dessen Anwendbarkeit und Nutzbarkeit (Application-Evaluation).

### **6.2.4 Labor-Studien: Zweiter Teilschritt des Evaluationskonzepts**

Der zweite Teilschritt des Evaluationskonzepts findet als Laborstudie statt. Probanden werden in eine Test- und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Beide Gruppen erhalten die Aufgabenstellung in 45 Minuten Produktideen für ein definiertes Suchfeld zu generieren. Als Grundlage wird den Gruppen ein Dokument zur Verfügung gestellt, das für beide Gruppen eine kurze Einführung, eine Vorstellung der Szenarien und die Aufgabenstellung enthält. Die Testgruppe erhält darüber hinaus den zu evaluierenden Design Support.

#### **Anzahl der Ideen (Zweites Schlüsselergebnis)**

Das zweite Schlüsselergebnis ist die durchschnittliche Anzahl der generierten Produktideen pro Gruppe aus der Laborstudie. Eine hohe Anzahl an generierten Ideen deutet auf eine gute Anwendbarkeit und Nutzbarkeit (Application-Evaluation) des Design Supports hin.

#### **Bewertung der Ideen durch Probanden (Drittes Schlüsselergebnis)**

Im Anschluss an die Generierung der Produktideen bewerten die Gruppen die Ideen selbst hinsichtlich der erwarteten Time-to-Market, der Zukunftsrobustheit und des Inventionentials. Dabei gibt es für Time-to-Market die Ausprägungen *lang*, *mit-*

tel, kurz und für Zukunftsrobustheit sowie Inventionspotential die Ausprägungen *gering*, *mittel* und *hoch*. Eine hohe Zukunftsrobustheit sowie ein hohes Inventionspotential werden im Kontext dieser Arbeit als wünschenswert erachtet. Die Time-To-Market sollte hingegen eher kurz sein, da so eine schnellere Monetarisierung durch die Realisierung der Produkteigenschaften erzielt werden kann. Die folgende Abbildung 6.3 stellt die Optimierungsrichtung der drei Bewertungskriterien dar. Diese Abbildung stellt außerdem die Überführung der Ausprägungen der Kriterien in eine quantitative Metrik (ein bis drei Punkte) dar. Dies ermöglicht eine rechnerische Vergleichbarkeit der Studienergebnisse.

	Time-to-Market			Zukunftsrobustheit			Inventionspotential		
Optimierungsrichtung	kürzer			höher			höher		
Ausprägungen (qualitativ)	lang	mittel	kurz	klein	mittel	groß	klein	mittel	groß
Ausprägungen (quantitativ)	1	2	3	1	2	3	1	2	3

Abbildung 6.3: Bewertungskriterien und deren Optimierungsrichtungen

Die Ergebnisse der Bewertung durch Probanden bilden das dritte Schlüsselergbnis. Da die Bewertung durch die Teilnehmer selbst erfolgt und keine Auswahl der generierten Ideen getroffen werden muss, kann diese Aufschluss über das Vertrauen in den Design Support geben (Application-Evaluation). Daher werden die erstellten Produktideen im nächsten Schritt von Experten, die langjährige Erfahrung hinsichtlich der Entwicklungsaufgabe besitzen, bewertet.

**Bewertung der Produktideen durch Experten (Viertes Schlüsselergbnis)**

Zur Messung des erwartbaren Erfolgs werden die Produktideen zur Bewertung den Experten vorgelegt. Die Experten bewerten die Produktideen hinsichtlich der gleichen Kriterien wie die Probanden. Dieses vierte Schlüsselergbnis kann als Teil der Success-Evaluation verstanden werden, da die Experten langjährige Erfahrung im Kontext der Entwicklungsaufgabe besitzen und damit davon ausgegangen werden kann, dass diese die Ideen hinsichtlich der drei Kriterien hinreichend gut bewerten können.

### **Umfrageergebnisse der Labor-Studien (Fünftes Schlüsselergebnis)**

Die bereits mit den Teilnehmern der Feldstudie durchgeführte Umfrage wird den Teilnehmern der Laborstudie vorgelegt. Die Ergebnisse der Test- und der Kontrollgruppe können unter Anwendung der Effektstärke nach Cohen (1988) miteinander und mit den Ergebnissen der Feldstudie verglichen werden.

Dieses fünfte Schlüsselergebnis gibt Aufschluss über die technische und fehlerfreie Funktionalität (Support-Evaluation) des Design Supports, und evaluiert ferner die Anwendbarkeit und Nutzbarkeit (Application-Evaluation).

### **6.2.5 Live-Lab-Studien: Dritter Teilschritt des Evaluationskonzepts**

Im dritten Teilschritt des erarbeiteten Vorgehens wird der Design Support im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung angewendet. Im Verlauf des Entwicklungsprojektes wird dabei die Art des Design Supports, mit dem das Produktprofil initial generiert wurde, durch eine kontinuierliche Beobachtung der Gruppen erfasst.

### **Rangfolge der Produktprofile (Sechstes Schlüsselergebnis)**

Die generierten Produktprofile werden pro Gruppe nach Time to Market, Zukunftsrobustheit und Inventionspotential bewertet. Je nach Bewertung, in der sich ergebenden Rangfolge erhält jede Idee einen Punktwert, der sich aus Gleichung 6 ergibt.

$$Punkte = 3 - (Listenplatz - 1) * \frac{3}{Anzahl\ Produktprofile - 1} \quad 6$$

Durch diese Berechnungsvorschrift können die mit dem zu evaluierenden Design Support generierten Produktprofile mit denen aus anderen Vorgehen generierten Produktprofile unter Anwendung der Effektstärke nach Cohen (1988) anhand skalarer Werte verglichen werden. Dies erfolgt separat für jedes Bewertungskriterium (Time to Market, Zukunftsrobustheit, Inventionspotential).

Dieses sechste Schlüsselergebnis gibt Aufschluss über die Wirksamkeit des entwickelten Design Supports, da die Probanden eine Rangfolge definieren müssen. Dieses Schlüsselergebnis kann damit als Teil der Success-Evaluation verstanden werden.

### **Anteil der durch den zu evaluierenden Design Support generierten Produktprofile (Siebtes Schlüsselergebnis)**

Die Entwicklungsteams aus dem Live Lab IP – Integrierte Produktentwicklung wählen, auch unter Reflektion der Rangfolge der Produktprofile, je drei Produktprofile aus, die sie den Experten des Industriepartners im Meilenstein vorstellen möchten. Es lässt sich der Anteil der unter Anwendung des Design Supports entstandenen Produktprofile zum Zeitpunkt der Erstellung der Rangfolge der Produktprofile mit dem Anteil der unter Anwendung des Design Supports entstandenen Produktprofile nach der Auswahl der drei vorzustellenden Produktprofile vergleichen. Steigt deren Anteil, lässt sich folgern, dass die unter Anwendung des Design Supports generierten Produktprofile eher überzeugen. Dies ist das siebte Schlüsselergebnis und kann der Success-Evaluation zugeordnet werden.

### **Expertenbewertung der durch den zu evaluierenden Design Support generierten Produktprofile (Achstes Schlüsselergebnis)**

Die generierten Produktprofile werden vom Unternehmenspartner im Meilenstein des Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung bewertet. Diese Evaluation ist Teil der Success-Evaluation. Es stehen dazu je Produktprofil eine positive und negative Bewertungsoption sowie die Enthaltung zur Verfügung. Zur Auswertung gibt es die Möglichkeit die Anzahl der positiven Wertungen je Produktprofil oder die negativen Wertungen je Produktprofil zu vergleichen. Es ergibt sich das achte Schlüsselergebnis.

## **6.3 Anwendung des Evaluationskonzepts auf die in dieser Forschungsarbeit entwickelte Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung**

Das vorgeschlagene Vorgehen zur Evaluation von Methoden der Vorausschau wird nun exemplarisch auf die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* angewandt.

### **6.3.1 Anwendung der Systematik in Feldstudien**

Die *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* wurde zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Studie in sieben Feldstudien bei TRUMPF GmbH + Co. KG,

Anwendung des Evaluationskonzepts auf die in dieser Forschungsarbeit entwickelte Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung

ThyssenKrupp Industrial Solutions AG, BMW (Bayerische Motoren Werke AG), Mammut Sports Group AG, Velocity Region Aachen GmbH, Ineratec GmbH und SEW Eurodrive GmbH & Co KG angewandt. Ziel dieser Feldstudien war es eine möglichst große Breite verschiedener Projekte nach Unternehmensgröße, Branche, Planungshorizont sowie den zur Verfügung stehenden Ressourcen abzudecken. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick der durchgeführten Feldstudien:

1	Zukunft der <b>Blechbearbeitung</b> am Beispiel von <b>Trumpf</b>	2	Zukunftsrobuste <b>Mining Systems</b> am Beispiel von <b>Thyssenkrupp</b>
2		42	
F	Quelle: Trumpf	F	Quelle: Thyssenkrupp
SP		SP	
3	Zukunftsrobuste ortsflexible <b>Ladestrukturen</b> zur PV-basierten <b>Ladung von Elektrorädern</b> am Beispiel der <b>Velocity Aachen GmbH</b>	4	Produktportfolioentwicklung- Systematische <b>Analyse</b> der Ist-Situation und einer möglichen <b>Produkt-Roadmap</b> im Bereich Lineartechnik am Beispiel von <b>SEW</b>
3		3	
F	Quelle: Velocity Aachen	F	Quelle: SEW
AP		AP	
5	Zukunftsrobuste <b>Baukastenentwicklung</b> am Beispiel von <b>Mammut</b>	6	Zukunftsrobuste Strategie zur <b>Lichtinszenierung</b> am Beispiel der <b>BMW Group</b>
3		4	
F	Quelle: Mammut	F	Quelle: BMW
AP		AP	
7	KPI-gebundener Transformationsprozess vom Status Quo zur <b>digitalisierten Fertigung mikrostrukturierter Reaktoren</b> am Beispiel von <b>Ineratec</b>	1	Nummer der Studie
10		123	Anzahl Probanden
F	Quelle: Ineratec	LS, LL, F	Forschungsumgebung: Laborstudie (LS), Live-Lab (LL), Feldstudie (F)
AP		AP, SP, SC	Art der Evaluation: Application (AP), Support (SP), Success (SC)

Abbildung 6.4: Übersicht ausgewählter Vorstudien

Die erste Zeile gibt die Chronologie der Durchführung der Studien an. Die zweite Zeile gibt die Anzahl der an der Studie beteiligten Probanden an. Die dritte Zeile zeigt, welche Forschungsumgebung genutzt wurde. In der letzten Zeile wird die Art der durchgeführten Evaluation dargestellt. Außerdem wurden Feldstudien zur Anwendung der Systematik bei Porsche und Daimler durchgeführt, bei denen aufgrund des Projektfortschritts keine Evaluationsstudien durchgeführt wurden. Die Entwicklung der Systematik wurde iterativ durchgeführt, wobei die durch eine kontinuierliche Validierung gewonnenen Erkenntnisse direkt in die Überarbeitung der Systematik einfließen. Die jeweiligen Hauptkenntnisse werden im Folgenden prägnant zusammengefasst. Weiterhin wurde das methodische Vorgehen der einzelnen Feldstudien zum Teil publiziert. Diese sind in der folgenden Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Übersicht der publizierten Evaluationsstudien

Unternehmen	Studie	Publikationsschrift	Gewonnene Erkenntnis
Thyssenkrupp AG	Zukunftsrobuste Mining Systems am Beispiel von Thyssenkrupp	Tag des Systems Engineering, 2019 (Marthaler, Dühr, et al., 2019)	Ein einzelnes Referenzprodukt reicht zur IST-Analyse nicht aus, vielmehr ist ein Referenzsystem als Vergleichsbasis zur Findung zukünftiger Produkteigenschaften zu synthetisieren.
Mammut Sports Group GmbH	Zukunftsrobuste Baukastenentwicklung am Beispiel von Mammut	International Society for Professional Innovation Management (SPIIM) 2019 (Finster, 2019; Marthaler, Dühr, et al., 2019)	Die Systematik ist mit einem hohen Initialaufwand verbunden. Der erwartete Mehrwert ist stark branchenabhängig. Sind beispielsweise nur Entscheidungen mit einer geringen Tragweite zu treffen, steht dem mit der Systematik verbundene Aufwand ein zu geringer Mehrwert entgegen.
Apple Cooperation & KVV GmbH	Future-oriented PGE-product Generation Engineering: An Attempt to Increase the Future User Acceptance through Foresight in Product Engineering Using the Example of the iPhone User	International Society for Professional Innovation Management (SPIIM) 2019 (Marthaler, Stahl, et al., 2019; Stahl, 2019)	Zur Unterstützung des Produktentwicklers bei der Bewertung der Zukunftsrobustheit beziehungsweise des Intentionentials wird ein Bewertungsmodell benötigt. Dieses Bewertungsmodell muss Anhaltspunkte für die einzelnen Werte der Skala darlegen (vgl. Einsatz des PGE-Risikoportfolios sowie des KANO-Modells).
BMW AG	Zukunftsrobuste Strategie zur Lichtinszenierung am Beispiel der BMW Group	Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2019 (Hu, 2019; Marthaler, Hu & Albers, 2019)	Neben dem marktorientierten Ansatz auf der einen Seite, ist ebenso ein technologieorientierter Ansatz möglich. Die grundlegenden Schritte der Systematik können dazu übernommen werden.

Anwendung des Evaluationskonzepts auf die in dieser Forschungsarbeit entwickelte Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung

Unternehmen	Studie	Publikationsschrift	Gewonnene Erkenntnis
Velocity Aachen GmbH	Zukunftsrobuste ortsflexible Ladestrukturen zur PV-basierten Ladung von Elektro-rädern am Beispiel der Velocity Aachen GmbH	International Symposium on Systems Engineering (ISSE), 2020 (Buchta, 2019; Marthaler, Buchta, Albers & Bursac, 2019)	Bei der IST-Analyse sind neben der Analyse der Referenzprodukte (Stichwort: heutige Marktleistungen) ebenso die Kernkompetenzen (Stichwort: Wertschöpfung) zu analysieren, um eine unternehmensspezifische Bewertung des Inventionspotentials zu ermöglichen.
Ineratec GmbH	KPI-gebundener Transformationsprozess vom Status Quo zur digitalisierten Fertigung mikrostrukturierter Reaktoren am Beispiel von Ineratec	NordDesign 2020 (Marthaler, Mertens & Albers, 2018; Mertens, 2019) <sup>4</sup>	Die Grenzen der Fallunterscheidung zur Bestimmung der Variationszeitpunkte sind projektspezifisch auszu-legen. Dazu eignet sich der Durchschnittswert der Bewertungen hinsichtlich des Inventionspotentials und der Zukunftsrobustheit.
SEW GmbH und Co. KG	Produktportfolioentwicklung- Systematische Analyse der Ist-Situation und einer möglichen Produkt-Roadmap im Bereich Lineartechnik am Beispiel von SEW	(F. Weber, 2020) <sup>5</sup>	Neben der Bestimmung der Relevanz von Produkteigenschaften in den betrachteten Umfeldern ist ebenso eine Ähnlichkeitsanalyse zwischen den Bewertungen notwendig. Deshalb ist die Analyse der Standardabweichung der Bewertungen, um Aussagen über die Zukunftsrobustheit treffen zu können, notwendig.
Daimler AG	Entwicklung von Alternativszenarien & Ableitung Agility Roadmap für die method. Anwendung Agiler Methoden 2025 am Bsp. der Daimler AG	(Thomas, 2020) <sup>6</sup>	Bei der Entwicklung von Produkten von morgen beginnt die Entwicklung nicht auf dem weißen Blattpapier. Eine Betrachtung der IST-Situation ist damit unabdingbar.

Aufgrund der Vertraulichkeit der generierten Ergebnisse, können inhaltlich nur Ausschnitte der Studienergebnisse von Trumpf sowie Mammut vorgestellt werden. Diese werden im Folgenden vorgestellt.

### 6.3.1.1 Die Zukunft des Indoor-Lokalisierungssystems von Trumpf

Das Unternehmen Trumpf ist auf Werkzeugmaschinen für die flexible Blech- und Rohrbearbeitung sowie auf Laser für die Fertigungstechnik spezialisiert. Zum Effizienzgewinn in der Fertigung entwickelt Trumpf Lösungen zur nahtlosen Vernetzung der involvierten Systeme. Das Produkt Track&Trace von TRUMPF ist ein System zur Indoor-Lokalisierung. Dieses System ermöglicht die präzise Lokalisierung der

<sup>4</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>5</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>6</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Teile in Echtzeit. Ziel des Entwicklungsprojekts ist es zukünftig relevante Produkteigenschaften der nächsten Produktgenerationen des Track&Trace Systems zu identifizieren und zu priorisieren, um somit eine Entscheidungsunterstützung zur Projektierung der Vorentwicklungsprojekte bereitzustellen. In dieser Studie wird die Variante der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Systematik mit langfristigem Zeithorizont angewandt.

### **Studiendesign**

Das Projektteam setzt sich aus fünf Experten von Trumpf, zwei Methodenexperten des IPEK sowie drei Studierenden des Studiengangs Innovationsmanagements der DHBW Baden-Württemberg in Stuttgart zusammen. Zur Findung zukünftig relevanter Produkteigenschaften stehen unter anderem Szenarien zur Zukunft der Blechbearbeitung zur Verfügung. Zur Bearbeitung dieser Entwicklungsaufgabe wird die im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelte Systematik angewandt. Die Studie schließt mit einer Befragung der Fachexperten bezüglich der generierten Ergebnisse sowie einer Fragebogenstudie zum Nachweis des Application Supports ab. Die Anwendung der Systematik erfolgt integrativ zwischen den Trumpf-Experten, den Studierenden der DHBW sowie den Methoden-Experten des IPEK. Während die Studierenden als Anwender der Systematik fungieren, stehen die Trumpf-Experten zur Validierung der Zwischenergebnisse auf inhaltlicher Seite bereit. Die Methoden-Experten stehen für methodische Rückfragen zur Verfügung.

### **Ergebnisse**

Die generierte Entwicklungsroadmap ist in der folgenden Abbildung 6.5 dargestellt. Dabei werden zunächst die anhand der gewählten Referenz identifizierten Produkteigenschaften, was in diesem Fall die aktuelle Generation des Track&Trace Systems im Markt ist, aufgelistet. Darauf folgen die anhand der Szenarien abgeleiteten Produkteigenschaften. Durch die in den nächsten beiden Spalten durchgeführten Bewertungen ergeben sich die Zukunftsrobustheit sowie das Inventionpotential für jede Eigenschaft. Durch die Anwendung der Variationsregeln auf Eigenschaftsebene, ergibt sich die dargestellte zeitliche Abfolge. Aufgrund der Trumpf-typischen Produktlebenszyklen werden hierzu Intervalle von 3, 6 und 9 Jahren vorgeschlagen. Die Ableitung von Produktprofilen (Schritt 7 der Systematik) auf Basis der Eigenschaftsroadmap wurde aus Kapazitätsgründen des Projektpartners in diesem Projekt nicht durchgeführt.

	Produkteigenschaften	Roadmap		
		3 Jahre	6 Jahre	9 Jahre
bestehende Produkteigenschaften	...		Kleine Abweichung	
	...		Große Abweichung	
	Energieversorgung			
	störungsfreier Betrieb			
	Ausfallsicherheit			
	...			Kleine Abweichung
	Lebensdauer			
	Kompatibilität			
	...		Mittlere Abweichung	
	Einfache Handhabung			
	Prozesstransparenz/-optimierung			
	Infrastrukturkosten			
	...	Kleine Abweichung		
	Wartungsaufwand			
Prozesssteuerung				
zukünftige Produkteigenschaften	...			Große Abweichung
	...		Mittlere Abweichung	
	Konnektivität			
	...	Mittlere Abweichung		
	...		Kleine Abweichung	
	...			Kleine Abweichung
	...		keine Variation	
	...		Große Abweichung	
Systemicherheit				

Abbildung 6.5: Abgeleitete Entwicklungsroadmap für die zukünftigen Produktgenerationen des Track&Trace Systems<sup>7</sup>

### Zwischenfazit

Diese erste, initiale Anwendung der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung weist nach, dass die Systematik sich grundlegend zum Identifizieren und Priorisieren zukünftig relevanter Produkteigenschaften eignet. Mit anderen Worten ist damit der Design Support nachgewiesen. Darüber hinaus befinden die involvierten Fachexperten von Trumpf die Ergebnisse als nachvollziehbar und valide. Die quantitative Studie, zu der die Beteiligten mit einem Fragebogen bezüglich des Erfüllungsgrades der in Kapitel 6 identifizierten Erfolgsfaktoren befragt wurden, zeigt außerdem allgemein positive Ergebnisse.

<sup>7</sup> Zur Wahrung der Geheimhaltung werden die abgeleiteten Ergebnisse verändert.

Feldstudie: Trumpf; n=1			Nicht erfüllt			Voll erfüllt	
			1	2	3	4	5
M1	Die Systematik muss Akzeptanz in die Durchführung und Vertrauen in die Ergebnisse der Vorausschau in der Produktentwicklung schaffen.	1.1 Schafft die Systematik Akzeptanz in den Einsatz von Vorausschau?			4,0		
		1.2 Schafft die Systematik Vertrauen in den Einsatz von Vorausschau?				5,0	
M2	Die Systematik muss die Vorteile der Anwendung von Vorausschau gegenüber der Nicht-Anwendung trotz hoher Initialaufwände aufzeigen.	2.1 Werden durch die Anwendung der Systematik Vorteile gegenüber der Nichtanwendung ersichtlich?				5,0	
		2.2 Rechtfertigen die Vorteile der Anwendung den Initialaufwand?			4,0		
M3	Die Systematik muss für den Produktentwickler intuitiv anwendbar sein.	3. Ist die Systematik intuitiv anwendbar?			4,0		
M4	Die Systematik muss in nachvollziehbaren Schritten gegliedert sein.	4. Ist die Systematik in nachvollziehbaren Schritten gegliedert?			4,0		
M5	Die Systematik muss zweckmäßige Umfeldbetracht (primär Markt, sekundär Branche, Wettbewerb und Technologie sowie tertiär Politik) beinhalten.	5. Ermöglicht die Systematik die Betrachtung der zukünftigen Entwicklungen eines zweckmäßigen Umfeldes?				5,0	
M6	Die Systematik muss den bewussten Umgang mit Chancen- & Risiken von Entwicklungsumfängen ermöglichen & damit die richtige Priorisierung einz. Entwicklungsumfänge auf die verschiedenen Produkte und Produktgenerationen sicherstellen.	6.1 Ermöglicht die Systematik das Identifizieren potentieller Chancen und Risiken?				5,0	
		6.2 Unterstützt die Systematik bei der Priorisierung von Entwicklungsumfängen über mehrere Produktgenerationen?				5,0	
M7	Systematik muss die Ergebnisse der Vorausschau so aufbereiten, dass der Entwickler in fokussierten & def. Suchfeldern sein Kreativitätspotential entfalten kann	7. Unterstützt die Systematik bei der Identifikation von Suchfeldern mit hohem Innovationspotential?			4,0		
M8	Die Systematik ermöglicht die Integration der unternehmensspezifischen Kompetenzen.	8. Integriert die Systematik die heutigen Kompetenzen des Unternehmens?				5,0	
M9	Die Systematik muss den Abgleich mit der Entwicklungshistorie bzw. abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicherstellen.	9. Stellt die Systematik den Abgleich mit der Entwicklungshistorie bzw. abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicher?			4,0		
M10	Die Systematik muss das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien ermöglichen und damit die Produktdifferenzierung sicherstellen.	10. Ermöglicht die Systematik das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien?			3,0		
S1	Die Systematik muss den Anker der Gegenwart lösen und das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft ausrichten.	1. Löst die Systematik den Anker der Gegenwart und richtet das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft?				5,0	
S2	Systematik muss den Transfer zw. konkreten Voraus-schauergebnissen & Anforderungen an ein zukünft. Produkt auf techn. Teilsystemen ermöglichen.	2. Ermöglicht die Systematik den Transfer zwischen konkreten Voraus-schauergebnissen und den Anforderungen an ein zukünftiges Produkt auf Teilsystemebene?			4,0		
S3	Die Systematik unterstützt bei der Qualitätsbetrachtung der Ein- und Ausgangsinformationen?	3. Unterstützt die Systematik bei Qualitätsbetrachtung der Ein- und Ausgangsinformationen?			4,0		
S4	Die Systematik muss für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar sein.	4. Ist die Systematik für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar?				5,0	
P1	Die Systematik muss die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess ermöglichen.	1. Ermöglicht die Systematik die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess?				5,0	
P2	Die Systematik muss die Integration der externen Kunden (Anwender und Kunde) in den Vorausschauprozess ermöglichen.	2. Ermöglicht die Systematik die Integration der externen Kunden (Anwender und Kunden) in den Vorausschauprozess?			4,0		
P3	Die Systematik muss die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse anregen.	3. Regt die Systematik die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse an?				5,0	
P4	Die Systematik lässt sich in bestehende Prozesse der Produktentwicklung einbinden.	4. Lässt sich die Systematik in bestehende Prozesse der Produktentwicklung einbinden?				5,0	
P5	Die Systematik muss über klare Schnittstellen zw. der Strategischen Produktplanung & Produktentwicklung verfügen & klare Rollenverteilung definieren.	5. Verfügt die Systematik über klare Schnittstellen zwischen der Strategischen Produktplanung und der Produktentwicklung?			4,0		
P6	Die Systematik muss über klare Schnittstellen zw. der Strategischen Produktplanung & Produktentwicklung verfügen und eine klare Rollenverteilung definieren.	6. Ermöglicht die Systematik die systematische Verwertung des generierten Wissens über mehrere Produktgenerationen?				5,0	

Abbildung 6.6: Studienergebnisse der Application-Evaluation im Fallbeispiel Trumpf Track&Trace System

### 6.3.1.2 Zukunftsrobuste Baukastenentwicklung am Beispiel von Mammut

Die hier vorliegende Studie wurde im Rahmen einer betreuten Masterarbeit (Finster, 2019)<sup>8</sup> durchgeführt. Auf Einzelzitationen wird deshalb im Folgenden verzichtet. In dieser Studie wird die Variante der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Systematik mit mittelfristigem Zeithorizont angewandt. Als Impulsgeber zur Findung zukünftig relevanter Produkteigenschaften dienen damit Trends.

Die Mammut Sports Group AG ist ein internationaler Komplettanbieter von Produkten des Outdoor- und Alpinsport-Bereichs.

#### Studiendesign

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Systematik soll in dieser Studie genutzt werden, um für die Rime IN Flex Produktfamilie zukünftig relevante Produkteigenschaften zu identifizieren sowie diese zu priorisieren. Zu dieser Produktfamilie gehören acht verschiedene Varianten von synthetischen Isolationsjacken und –westen. Im Rahmen einer Trendanalyse werden zunächst Mega- und Makrotrends der Outdoorindustrie identifiziert. Die Probanden dieser Studie sind drei Mitarbeiter der Mammut Sports Group AG aus dem Produktmanagement, dem Innovationsmanagement sowie aus der regionalen Marktverantwortung. Um neben diesen internen Erfahrungen gegenwärtige Kunden zu integrieren wird außerdem eine Online-Konsumumentumfrage initiiert. Diese Online-Umfrage ist in ein Gewinnspiel integriert und wird über die Social Media Kanäle der Mammut Sports Group AG an Endkonsumenten gestreut. Dabei steht das Abfragen von Kriterien zur Kaufentscheidung im Vordergrund. Über 548 Endkonsumenten nehmen an der Studie teil. Die Probanden stammen vorwiegend aus der Schweiz und aus Deutschland. Nach Anwendung der Systematik werden die drei Experten gebeten den Erfüllungsgrad der in der deskriptiven Studie identifizierten Erfolgsfaktoren zu bewerten.

#### Ergebnisse

In der IST-Analyse werden zunächst 22 Produkteigenschaften der Referenzproduktfamilie als besonders relevant identifiziert. In der SOLL-Analyse werden sechs Megatrends der Outdoorindustrie, wie beispielsweise die *zunehmende Bedeutung des Umweltschutzes*, gefunden. Durch eine vertiefende Analyse können Makrotrends wie der *zunehmende Individualisierungsanspruch* oder die *Internationalisierung der Märkte* gefunden werden. Durch die Gegenüberstellung der identifizierten Trends sowie Produkteigenschaften können durch das in Kapitel 5.2.4.1 vorgestellte deduk-

---

<sup>8</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

tive Verfahren zukünftig relevante Produkteigenschaften gefunden werden. So werden die Produkteigenschaften *digitale Produktelemente* und *Individualisierungsmöglichkeiten* ausgemacht. Weiterhin werden ebenso diese Produkteigenschaften im Rahmen einer Online-Umfrage von Endkonsumenten hinsichtlich deren Relevanz bewertet. In der Potential-Analyse erfolgt die Bewertung der Produkteigenschaften hinsichtlich der Zukunftsrobustheit und des Inventionspotential. Abbildung 6.7 stellt die entwickelte Roadmap vereinfacht dar. Aufgrund der Vertraulichkeit werden vertrauliche Informationen verändert beziehungsweise entnommen.

Produkteigenschaften	Kurzfristig < 1 Jahr	Mittelfristig 1 - 2 Jahre	Langfristig 2 - 5 Jahre
Passform	Keine Variation		
Preis		Günstiges Isolationsmaterial Günstiges Aussenmaterial	
Design	Keine Variation		
Farbe	Keine Variation		
Marke	Starke Logosprache		
Windschutz		Winddichtes Aussenmaterial	
Kälteschutz		Wärmenderes Isolationsmaterial	
Gewicht		Schweres Liningmaterial	
Robustheit		Weniger robustes Material	
Bewegungsfreiheit		Neuer Schnitt und Materialien Komfortables Aussenmaterial	
Digitale Produktelemente	NFC Chip		
Individualisierungsmöglichkeiten	Individuelle Featureauswahl		

Abbildung 6.7: Abgeleitete Entwicklungsroadmap (Finster, 2019)<sup>9</sup>

Nach der Durchführung der Systematik werden die drei Experten hinsichtlich des Erfüllungsgrads der Erfolgsfaktoren befragt. Die folgende Abbildung 6.8 stellt das Ergebnis dieser Bewertung zusammenfassend dar.

<sup>9</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Anwendung des Evaluationskonzepts auf die in dieser Forschungsarbeit entwickelte Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung

Feldstudie: Mammut; n= 3		Nicht erfüllt			Voll Erfüllt	
		1	2	3	4	5
M1:	Schafft Vertrauen in Vorausschau				●	3,3
M2:	Vorteile überwiegen Initialaufwand			●		2,7
M3:	Systematik ist intuitiv anwendbar		●			2,0
M4:	Nachvollziehbare Schritte				●	3,7
M5:	Beinhaltet Umfeldbetrachtungen				●	3,3
M6:	Ermöglicht richtige Priorisierung der Entwicklungsumfänge				●	3,3
M7:	Definiert Suchfelder für Innovationen			●		2,7
M8:	Konsistenz zur Unternehmensstrategie				●	3,3
M9:	Abgleich mit Entwicklungshistorie		●			1,7
M10:	Identifiziert Wettbewerbsstrategien				●	3,0
S1:	Richtet Blickfeld in die Zukunft				●	4,0
S2:	Schafft Brückenschlag zwischen Vorausschau und Teilsystemen				●	3,3
S3:	Hohe Informationsqualität				●	3,7
S4:	Anwendung für Produktgenerationen			●		2,7
P1:	Integration interner Kunden				●	3,7
P2:	Integration externer Kunden				●	3,0
P3:	Regt Diskussion über aktuelle und zukünftige Bedürfnisse an				●	4,3
P4:	Mögliche Integration in aktuelle Prozesse		●			2,3
P5:	Klare Schnittstellen zwischen Produktplanung und -entwicklung				●	3,0
P6:	Wissen für mehrere Produktgenerationen			●		2,3

Abbildung 6.8: Durchschnittlicher Erfüllungsgrad der Erfolgsfaktoren (Marthaler, Finster, Siebe, Bursac & Albers, 2019)

Die Probanden sind sich einig, dass die Systematik einige interessante Ansätze für die Entwicklung textiler Outdoorprodukte bietet. Dabei wird gerade das Denken in Generationen durch das Modell der PGE-Produktgenerationsentwicklung sowie die Fokussierung auf heutige und zukünftig relevante Produkteigenschaften als besonders vielversprechend angesehen. Die Anwendung der Systematik ist mit einem initialen Zeitinvestment verbunden. Die Experten sind sich deshalb einig, dass die Systematik vor allem einen Mehrwert bringt, wenn völlig neue Produktlinien zu entwickeln sind, da sonst das Risiko für Fehlentscheidungen und die damit verbundene Tragweite in der Outdoorindustrie als eher gering eingeschätzt wird.

### **6.3.1.3 Zusammenfassende Studienergebnisse der Feldstudien (Erstes Schlüsselergebnis)**

Abbildung 6.9 zeigt die Ergebnisse der Feldstudien (schwarze Punkte) und den resultierenden Durchschnitt (blaue Linie) bezüglich des durch die Probanden eingeschätzten Erfüllungsgrads der Erfolgsfaktoren. Doppelt vorkommende Datenpunkte werden nicht besonders hervorgehoben. Die Skala reicht von sehr geringem Erfüllungsgrad (1,0) zu sehr hohem Erfüllungsgrad (5,0).

## Anwendung des Evaluationskonzepts auf die in dieser Forschungsarbeit entwickelte Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung

Feldstudien: Vergleich; n = 7		Nicht erfüllt			Voll Erfüllt	
		1	2	3	4	5
M1.1	Schafft die Systematik Akzeptanz in den Einsatz von Vorausschau?			•	•	•
M1.2	Schafft die Systematik Vertrauen in den Einsatz von Vorausschau?		•		•	•
M2.1	Werden durch die Anwendung der Systematik Vorteile gegenüber der Nichtanwendung ersichtlich?				•	•
M2.2	Rechtfertigen die Vorteile der Anwendung der Systematik den Initialaufwand?		•	•	•	
M3	Ist die Systematik intuitiv anwendbar?		•	•	•	
M4	Ist die Systematik in nachvollziehbaren Schritten gegliedert?			•	•	•
M5	Ermöglicht die Systematik die Betrachtung der zukünftigen Entwicklungen eines zweckmäßigen Umfeldes?				•	•
M6.1	Ermöglicht die Systematik das Identifizieren potentieller Chancen und Risiken?		•	•	•	•
M6.2	Unterstützt die Systematik bei der Priorisierung von Entwicklungsumfängen über mehrere Produktgenerationen?			•	•	•
M7	Unterstützt die Systematik bei der Identifikation von Suchfeldern mit hohem Innovationspotential?			•	•	•
M8	Integriert die Systematik die heutigen Kompetenzen des Unternehmens?		•	•	•	•
M9	Stellt die Systematik den Abgleich mit der Entwicklungshistorie bzw. abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicher?		•	•	•	
M10	Ermöglicht die Systematik das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien?			•	•	
S1	Löst die Systematik den Anker der Gegenwart und richtet das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft?			•	•	•
S2	Ermöglicht die Systematik den Transfer zwischen konkreten Vorausschauergebnissen und Produktentwicklung?		•	•	•	•
S3	Unterstützt die Systematik bei Qualitätsbetrachtung der Ein- und Ausgangsinformationen?				•	•
S4	Ist die Systematik für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar?			•	•	•
P1	Ermöglicht die Systematik die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess?				•	•
P2	Ermöglicht die Systematik die Integration der externen Kunden (Anwender und Kunden) in den Vorausschauprozess?		•	•	•	
P3	Regt die Systematik die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse an?			•	•	•
P4	Lässt sich die Systematik in bestehende Prozesse der Produktentwicklung einbinden?		•		•	•
P5	Verfügt die Systematik über klare Schnittstellen zwischen der Strategischen Produktplanung und der Produktentwicklung?		•		•	•
P6	Ermöglicht die Systematik die systematische Verwertung des generierten Wissens über mehrere Produktgenerationen?				•	•

Abbildung 6.9: Studie zum Erfüllungsgrad der Erfolgsfaktoren nach Anwendung des Design Supports in Feldstudien (Bruns, 2020)<sup>10</sup>

Zur Interpretation der Ergebnisse wird eine Korrelationsanalyse zwischen dem Erfüllungsgrad der Erfolgsfaktoren sowie der ermittelten Relevanz der Erfolgsfaktoren aus der ersten deskriptiven Studie durchgeführt. Dazu werden die Erfolgsfaktoren nach absteigender Relevanz geordnet. Der wichtigste Erfolgsfaktor erhält damit den Rang 1. Entsprechend wird mit der Rangermittlung bzgl. des Erfüllungsgrads verfahren. Im nächsten Schritt erfolgt die gemeinsame Visualisierung der Erfolgsfaktoren hinsichtlich deren Relevanz und dem erreichten Erfüllungsgrad in der folgenden Abbildung 6.10.

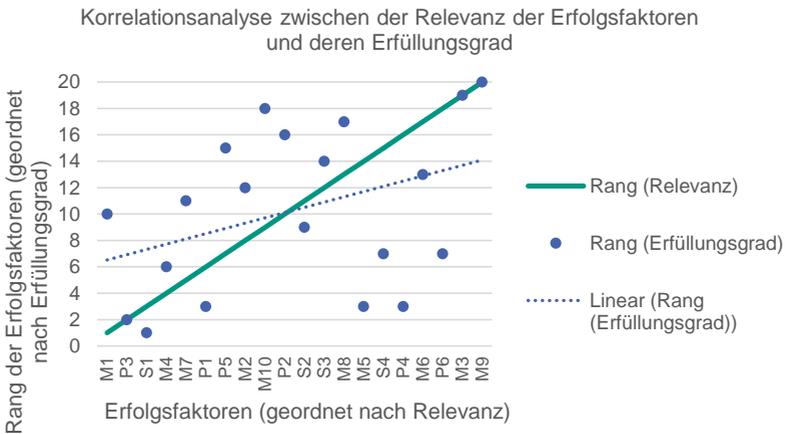


Abbildung 6.10: Korrelationsanalyse zwischen Relevanz der Erfolgsfaktoren und deren Erfüllungsgrad

Zur Korrelationsanalyse wird der Pearson-Korrelationskoeffizient  $r$  mit der folgenden Gleichung 7 bestimmt, wobei  $N$  die Gesamtheit aller Einflussfaktoren bezeichnet,  $x_n$  den Rang des jeweiligen Einflussfaktors hinsichtlich Relevanz,  $\bar{x}$  den Mittelwert der Ränge der Erfolgsfaktoren,  $y_n$  den Rang des jeweiligen Einflussfaktors hinsichtlich dessen Erfüllungsgrads sowie  $\bar{y}$  den Mittelwert der Ränge der Erfolgsfaktoren beschreibt (Benesty, Chen, Huang & Cohen, 2009).

<sup>10</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

$$r = \frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{n=1}^N (y_n - \bar{y})^2}} \quad 7$$

Der Pearson-Korrelationskoeffizient  $r$  beträgt 0,39. Cohen (1988) spricht damit von einem mittleren Effekt. Es besteht eine positive Korrelation zwischen der Relevanz der Erfolgsfaktoren sowie deren Erfüllungsgrad. Mit anderen Worten werden die von den Experten als relevanter eingeschätzte Erfolgsfaktoren von der in der präskriptiven Studie entwickelten Systematik eher besser erfüllt. Dies ist eine sehr wichtige Feststellung, da angenommen werden kann, dass die als besonders relevant eingeschätzten Erfolgsfaktoren einen besonderen Einfluss auf den Erfolg der Anwendung der Systematik in der Produktentwicklung besitzen.

### 6.3.2 Anwendung der Systematik in einer Laborstudie mit Test- und Kontrollgruppe

An der Laborstudie haben 34 Studierende in sieben Gruppen teilgenommen. Die Gruppen eins bis drei bildeten die Kontrollgruppe mit in Summe 14 Teilnehmern und die Gruppen vier bis sieben die Testgruppe mit in Summe 20 Teilnehmern. Die Teilnehmer sind Studierende der Studiengänge Maschinenbau (ca. 70 %), Wirtschaftsingenieurwesen (ca. 20 %) und Mechatronik (ca. 10 %), wobei diese homogen über die einzelnen Gruppen verteilt sind. Die Studierenden befinden sich im letzten Jahr ihres Masterstudiums. Die Zuteilung der Gruppen zu Test- und Kontrollgruppe erfolgt zufällig. Deshalb kann von einer homogenen Verteilung über Test- und Kontrollgruppe ausgegangen werden. Die Studierenden sind mit der Produktprofilfindung vertraut.

#### Anzahl der Ideen (Zweites Schlüsselergebnis)

Insgesamt wurden 227 Produktideen generiert. Diese sind wie in Abbildung 6.11 dargestellt über die Gruppen verteilt:

	Kontrollgruppe	Testgruppe
<b>Gruppen</b>	3	4
<b>Teilnehmer</b>	14	20
<b>Summe Ideen</b>	83	144
<b><math>\frac{\text{Summe Ideen}}{\text{Gruppen}}</math></b>	27,7	36,0
<b><math>\frac{\text{Summe Ideen}}{\text{Teilnehmer}}</math></b>	5,9	7,2

Abbildung 6.11: Anzahl generierter Produktideen pro Gruppe und pro Teilnehmer (Bruns, 2020)<sup>11</sup>

Die Testgruppe generiert damit durchschnittlich mehr Ideen als die Kontrollgruppe. Aus den Werten wird nun *Cohen's d* zu einem Wert von 0,72 errechnet. Cohen (1988) spricht in diesem Fall von einem mittleren Effekt (Bruns, 2020)<sup>12</sup>.

### **Bewertung der Ideen durch Probanden (Drittes Schlüsselergebnis)**

Die Ergebnisse der Bewertung der Produktideen durch Probanden aus der Laborstudie mit Test- und Kontrollgruppe sind in Abbildung 6.12 dargestellt. In dieser Abbildung ist die Anzahl der jeweiligen Bewertungen sortiert nach Gruppen und Bewertungen aufgelistet (Bruns, 2020)<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>12</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>13</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

		Time-to-Market				Zukunftsrobustheit				Inventionspotential			
		$\mu$	lang	mittel	kurz	$\mu$	klein	mittel	hoch	$\mu$	klein	mittel	hoch
<b>Kontrollgruppe</b>	Gruppe 1	1,77	9	9	4	2,23	0	17	5	2,23	3	11	8
	Gruppe 2	2,04	4	14	5	2,61	1	7	15	1,78	8	12	3
	Gruppe 3	1,97	9	21	8	2,29	4	16	17	2,26	7	14	17
<b>Testgruppe</b>	Gruppe 4	2,32	4	7	11	2,59	2	5	15	2,18	3	12	7
	Gruppe 5	2,22	0	13	15	2,31	1	5	21	1,75	10	8	10
	Gruppe 6	2,36	10	14	29	2,77	0	12	41	2,02	15	22	16
	Gruppe 7	2,32	3	19	15	2,76	0	9	28	2,14	6	20	11
<b>Kontrollgruppe gesamt</b>		1,94	22	44	17	2,36	5	40	37	2,12	18	37	28
<b>Testgruppe gesamt</b>		2,31	17	53	70	2,64	3	31	105	2,01	34	62	44

Abbildung 6.12: Ergebnisse der Bewertung der Produktideen durch Probanden (Bruns, 2020)<sup>14</sup>

Es ist zu beobachten, dass die durch die Testgruppe generierten Ideen mit einer kürzeren Time-to-Market bewertet werden und eine höhere Zukunftsrobustheit aufweisen. Das Inventionspotential wird geringer bewertet. Dies entspricht dem erwarteten Ergebnis, da die mithilfe der Systematik generierten Ideen konkrete Suchfelder adressieren und daher für die Bewertung des Inventionspotentials greifbarer gemacht werden.

<sup>14</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Es lassen sich aus den Bewertungen durch Probanden die *Standardabweichungen*  $s$  errechnen, aus denen sich dann wie bereits eingangs erwähnt die Effektstärke mit *Cohen's d* errechnen lässt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.13 dargestellt.

	Time-to-Market	Zukunftsrobustheit	Inventionspotential
$s_{\text{Kontrollgruppe}}$	0,69	0,60	0,74
$s_{\text{Testgruppe}}$	0,69	0,49	0,74
$s_{\text{gesamt}}$	0,69	0,53	0,74
Cohen's d	0,54	0,52	-0,14
Effekt:	mittel, positiv	mittel, positiv	sehr gering, negativ

Abbildung 6.13: Standardabweichungen und Effektstärken der Bewertung der Produktideen durch Probanden (Bruns, 2020)<sup>15</sup>

Auffallend ist besonders die Ähnlichkeit der Standardabweichungen. Da die Standardabweichung ein Maß für die Streuung von Daten ist und diese sich zwischen Test- und Kontrollgruppe nur minimal unterscheidet, ist die Ähnlichkeit ein Indiz für die ausreichend hohe Stichprobengröße, um sich einer Normalverteilung zu nähern. Es ist außerdem ein nach Cohen (1988) und Sawilowsky (2009) mittlerer (Medium) positiver Effekt bei Time-to-Market und Zukunftsrobustheit festzustellen. Der bereits aufgegriffene geringere Wert des Inventionspotentials der Testgruppe gegenüber der Kontrollgruppe spiegelt sich in einer Effektstärke von -0,14 wider. Cohen (1988) sieht erst ab 0,2 einen kleinen Effekt und schließt einen Effekt damit aus. Sawilowsky (2009) hingegen spricht schon ab einem Wert für  $d$  von 0,01 von einem sehr kleinen (very small) Effekt. Jedoch ist auch ein sehr kleiner negativer Effekt nicht überraschend, da sich aus der von der Testgruppe angewandten und im Rahmen dieser Arbeit entwickelten *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung*, wie bereits zuvor erklärt, eine präzisere Definition des Suchraums einstellt.

### **Bewertung der Ideen durch Experten (Viertes Schlüsselergebnis)**

Die generierten Ideen werden im darauffolgenden Schritt von drei Experten in zufälliger Reihenfolge zur Bewertung hinsichtlich Time-to-Market, Zukunftsrobustheit

---

<sup>15</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

und Inventionspotential vorgelegt. Die Experten haben mehr als fünf Jahre Erfahrung im Kontext der Entwicklungsaufgabe und sind im Mobilitätsumfeld in Unternehmen tätig.

Abbildung 6.14 listet die Anzahl der bewerteten Ideen nach Gruppe, Bewertungskriterium und Bewertungsergebnis auf.

		Time-to-Market				Zukunftsrobustheit				Inventionspotential			
		$\mu$	lang	mittel	kurz	$\mu$	klein	mittel	hoch	$\mu$	klein	mittel	hoch
<b>Kontrollgruppe</b>	Gruppe 1	2,08	8	45	13	2,61	3	20	43	2,14	12	33	21
	Gruppe 2	2,09	16	31	22	2,29	10	29	30	2,00	20	29	20
	Gruppe 3	2,07	22	62	30	2,37	16	40	58	1,99	25	65	24
<b>Testgruppe</b>	Gruppe 4	2,08	12	37	17	2,59	3	21	42	2,00	16	34	16
	Gruppe 5	2,30	7	53	36	2,40	9	40	47	1,98	23	52	21
	Gruppe 6	2,28	28	59	72	2,47	17	51	91	1,81	63	64	32
	Gruppe 7	2,14	17	61	33	2,50	9	38	64	1,97	27	60	24
<b>Kontrollgruppe gesamt</b>		2,08	46	138	65	2,41	29	89	131	2,03	57	127	65
<b>Testgruppe gesamt</b>		2,22	64	210	158	2,48	38	150	244	1,92	129	210	93

Abbildung 6.14: Ergebnisse der Bewertung der Ideen durch Experten (Bruns, 2020)<sup>16</sup>

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass die Time-to-Market der Testgruppe kürzer und die Zukunftsrobustheit höher ist. Es spiegelt sich außerdem der Trend aus der Bewertung der Ideen durch Probanden hinsichtlich des Inventionspotentials auch in der Expertenbewertung wider. Das Inventionspotential wird auch von den Experten

<sup>16</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

unter den von der Testgruppe generierten Ideen geringer eingeschätzt. Wie bereits für die Bewertung durch die Probanden wird auch für die Expertenbewertung eine Untersuchung der Effektstärke nach Cohen (1988) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind Abbildung 6.15 zu entnehmen.

	Time-to-Market	Zukunftsrobustheit	Inventionspotential
$S_{\text{Kontrollgruppe}}$	0,68	0,65	0,71
$S_{\text{Testgruppe}}$	0,66	0,69	0,70
$S_{\text{gesamt}}$	0,68	0,67	0,71
Cohen's d	0,21	0,10	-0,16
Effekt:	gering, positiv	sehr gering, positiv	sehr gering, negativ

Abbildung 6.15: Standardabweichungen und Effektstärken Bewertung der Ideen durch Experten (Bruns, 2020)<sup>17</sup>

Die gemessenen Effektstärken fallen schwächer aus als die der Bewertung durch Probanden selbst, zeigen aber dennoch in die gleiche Richtung: Erneut tritt bei der Bewertung von Time-to-Market der größte Effekt auf, gefolgt von der Bewertung der Zukunftsrobustheit. Das Inventionspotential fällt erneut bei den durch den Design Support generierten Ideen geringer aus (Bruns, 2020)<sup>18</sup>. Ein Grund für die unterschiedliche Stärke des Effekts ist, dass die Anzahl der Bewertungen pro Idee bei den Selbstbewertungen größer ist, als bei den Expertenbewertungen. Dies liegt der Tatsache zugrunde, dass sich eine Test- beziehungsweise Kontrollgruppe durchschnittlich aus fünf Studienteilnehmern zusammensetzt, aber nur drei Experten die Produktideen bewerten. Ausreiser haben deshalb bei der Expertenbewertung einen höheren Einfluss, da diese aufgrund der geringeren Grundgesamtheit zu einer höheren Standardabweichung führen. Die Standardabweichungen fallen bei der Expertenbewertung höher aus als bei der Selbstbewertung (vergleiche Abbildung 6.13 und Abbildung 6.15). Eine höhere Standardabweichung führt gemäß der Berechnungsformel von Cohen's d zu einer geringeren Effektstärke.

---

<sup>17</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

<sup>18</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

### **Umfrageergebnisse der Labor-Studie (Fünftes Schlüsselergebnis)**

Die Umfrage wurde von insgesamt 43 Personen durchlaufen. Davon entfallen 20 auf die Testgruppe, 12 auf die Kontrollgruppe und sieben auf die vorgelagerten Feldstudien aus dem ersten Teilschritt des Evaluationskonzepts. 6 Teilnehmer der Studie waren Methodeningenieure aus dem Live-Lab IP, die zum Zeitpunkt der Laborstudie bereits mit dem Design Support vertraut und Teilnehmer der Testgruppe waren. Abbildung 6.16 stellt eine Übersicht der Fragebogenstudie dar (siehe Kapitel 4.1). Fünf entspricht dabei *voll erfüllt* und eins *nicht erfüllt*. Zu sehen sind die Mittelwerte nach Gruppen.

	Erfolgsfaktor	Kontrollgruppe								
		Testgruppe								
		Methodeningenieure								
		Feldstudie								
					Nicht erfüllt			Voll erfüllt		
					1	2	3	4	5	
M1.1	Schafft die Systematik Akzeptanz in den Einsatz von Vorausschau?	4,3	4,0	4,3	3,9					
M1.2	Schafft die Systematik Vertrauen in den Einsatz von Vorausschau?	3,9	4,0	3,8	3,6					
M2.1	Werden durch die Anwendung der Systematik Vorteile gegenüber der Nichtanwendung ersichtlich?	4,2	3,7	4,1	3,8					
M2.2	Rechtfertigen die Vorteile der Anwendung der Systematik den Initialaufwand?	3,6	3,7	4,2	4,5					
M3	Ist die Systematik intuitiv anwendbar?	3,0	4,7	4,3	4,0					
M4	Ist die Systematik in nachvollziehbaren Schritten gegliedert?	4,2	4,0	4,5	4,1					
M5	Ermöglicht die Systematik die Betrachtung der zukünftigen Entwicklungen eines zweckmäßigen Umfeldes?	4,4	3,7	3,6	3,4					
M6.1	Ermöglicht die Systematik das Identifizieren potentieller Chancen und Risiken?	3,9	3,7	3,6	3,6					
M6.2	Unterstützt die Systematik bei der Priorisierung von Entwicklungsumfängen über mehrere Produktgenerationen?	4,2	3,2	3,5	2,5					
M7	Unterstützt die Systematik bei der Identifikation von Suchfeldern mit hohem Innovationspotential?	4,1	3,7	4,1	3,8					
M8	Integriert die Systematik die heutigen Kompetenzen des Unternehmens?	3,5	3,3	2,4	1,8					
M9	Stellt die Systematik den Abgleich mit der Entwicklungshistorie bzw. abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicher?	2,8	3,8	2,3	2,1					
M10	Ermöglicht die Systematik das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien?	3,4	2,5	2,3	2,8					
S1	Löst die Systematik den Anker der Gegenwart und richtet das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft?	4,7	3,7	3,7	4,2					
S2	Ermöglicht die Systematik den Transfer zwischen konkreten Vorausschauergebnissen und den Anforderungen an ein zukünftiges Produkt auf Teilsystemebene?	4,2	3,5	3,4	3,4					
S3	Unterstützt die Systematik bei Qualitätsbetrachtung der Ein- und Ausgangsinformationen?	4,0	3,2	2,4	2,3					
S4	Ist die Systematik für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar?	4,2	4,5	3,6	3,5					
P1	Ermöglicht die Systematik die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess?	4,4	4,5	3,6	3,8					
P2	Ermöglicht die Systematik die Integration der externen Kunden (Anwender und Kunden) in den Vorausschauprozess?	3,6	3,5	4,0	3,3					
P3	Regt die Systematik die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse an?	4,6	4,2	4,4	4,8					
P4	Lässt sich die Systematik in bestehende Prozesse der Produktentwicklung einbinden?	4,4	4,2	4,3	3,8					
P5	Verfügt die Systematik über klare Schnittstellen zwischen der Strategischen Produktplanung und der Produktentwicklung?	3,9	3,3	3,6	2,8					
P6	Ermöglicht die Systematik die systematische Verwertung des generierten Wissens über mehrere Produktgenerationen?	4,2	4,0	3,3	3,6					
	<b>Gesamt</b>	4,0	3,8	3,6	3,4					

Abbildung 6.16: Ergebnisse der Umfrage (Bruns, 2020)<sup>19</sup>

Es ist zunächst festzustellen, dass die Feldstudienteilnehmer mit einem Gesamtwert von 4,0 die *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* am besten bewerten, gefolgt von den Methodeningenieuren mit 3,8, der Testgruppe mit 3,6 und als Schlusslicht die Kontrollgruppe mit 3,4. Zugleich haben die Feldstudienteilnehmer die meiste Zeit mit der *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* verbracht, gefolgt von den Methodeningenieuren und der Testgruppe. Die Kontrollgruppe als neutraler Bezugspunkt ist mit der Systematik nicht vertraut und hat die zur Verfügung gestellten Vorausschauergebnisse daher lediglich intuitiv nutzen können. Die Ergebnisse sind damit wenig überraschend am schwächsten. Eine Korrelation, zwischen der mit der *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* verbrachten Zeit und der Erfüllung der Erfolgsfaktoren ist erkennbar, da die Probanden der Feldstudien sich am zeitlich umfangreichsten mit der Systematik über meistens einen Zeitraum von über vier Monaten auseinandergesetzt haben. Die Methodeningenieure haben die Systematik etwa drei Wochen eingesetzt. Die Laborstudie mit den Test- und Kontrollgruppen dauerte dem hingegen nur etwa eine Stunde. Es lässt sich also von einem Trainings- und Wohlfühleffekt im Umgang mit der Systematik sprechen. Weiterhin ist festzustellen, dass die Bewertungen der Studienteilnehmer bezüglich der einzelnen Erfolgsfaktoren unterschiedlich stark voneinander abweichen. So sind beispielsweise die Bewertungen bei dem Erfolgsfaktor P3, bei dem die Studienteilnehmer eine Aussage darüber treffen, ob die Systematik die Diskussion über zukünftig relevante Eigenschaften anregt, sehr ähnlich. Bei dem Erfolgsfaktor M8, bei dem die Probanden bewerten, ob die Kompetenzen des Unternehmens mit in die Analyse und Synthese einfließen, weicht die Bewertung der Kontrollgruppe stark von den anderen Bewertungen ab. Dies ist damit zu begründen, dass die Systematik in der Istanalyse genau diese Bewertung der Kompetenzen vorsieht, die Probanden der Kontrollgruppe der Labor-Studie die Systematik nicht zur Verfügung hatten und nur unstrukturiert mit den Zukunftsszenarien gearbeitet haben.

### 6.3.3 Anwendung der Systematik im Live-Lab

Der gleiche Probandenkreis der Laborstudie hat im Anschluss im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung die *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* neben weiteren Methoden zur Ableitung von Produktprofilen eingesetzt.

---

<sup>19</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

### Rangfolge der Produktprofile (Sechstes Schlüsselergebnis)

Die einzelnen Teams des Live-Labs stellen in Eigenregie eine Rangfolge ihrer besten fünf Produktprofile auf. Je nach Position innerhalb der sich einstellenden Rangfolge werden den Produktprofilen Punkte entsprechend Gleichung 6 zugeteilt und daraus je nach Art des eingesetzten Design Supports zur Produktprofilfindung die Durchschnittswerte, Standardabweichungen und Effektstärken berechnet. Diese sind in Abbildung 6.17 visualisiert.

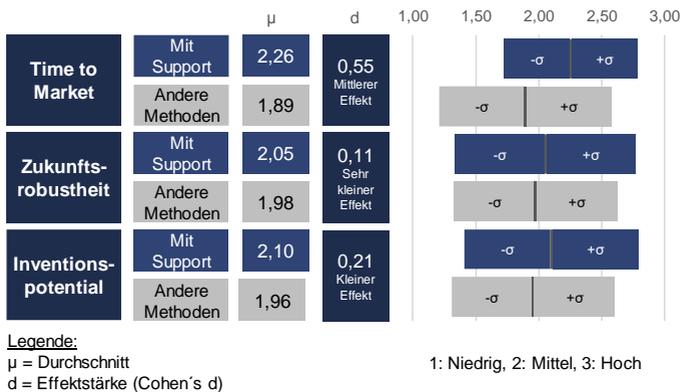


Abbildung 6.17: Ergebnisse der Rangfolgenwertung der Produktprofile (Bruns, 2020)<sup>20</sup>

Die Mittelwerte für mit der *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* generierten Produktprofile sind für alle drei Erfolgsfaktoren Time-to-Market, Zukunftsrobustheit und Inventionspotential höher ausgeprägt. Die resultierenden Effektstärken sind damit für Time-to-Market 0,55, was einem mittleren Effekt entspricht, für Zukunftsrobustheit 0,11 was einem sehr kleinen Effekt entspricht und für Inventionspotential 0,21, was einem kleinen Effekt entspricht.

### Anteil der durch den zu evaluierenden Design Support generierten Produktprofile (Siebtes Schlüsselergebnis)

Es ist festzustellen, dass zum Zeitpunkt vor der Erstellung der Rangfolge der Produktprofile (vgl. Abbildung 6.18, linker Balken) 33 % der vorgestellten Produktprofile mit der *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* entwickelt wurden.

<sup>20</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Zu wiederholen ist hier, dass die Gruppen über den genutzten Design Support frei verfügen konnten. Keiner Gruppe wurde die Anwendung der *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* vorgeschrieben. Nach der Durchführung der Priorisierung und Auswahl der Produktprofile (vgl. Abbildung 6.18, rechter Balken) verbleiben insgesamt drei Produktprofile pro Gruppe beziehungsweise 21 Produktprofile insgesamt. 9 dieser 21 Produktprofile wurden mit der *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* generiert. Die verbleibenden 12 Produktprofile wurden durch andere intuitive und deduktive Methoden und Vorgehensweisen abgeleitet. Dies entspricht einem Anteil von 43 %. Abbildung 6.18 visualisiert den Anteil der Produktprofile je nach eingesetztem Design Support zu den Messzeitpunkten vor und nach der Priorisierung und Auswahl der Produktprofile. Damit schafft es ein verhältnismäßig größerer Anteil an Produktprofilen, die mit der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Systematik generiert wurden, in die finale Auswahlrunde. Unter Anwendung der Systematik entstandene Produktprofile wurden eher in die engere Auswahl übernommen als Produktprofile, die nicht durch die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Systematik abgeleitet wurden.

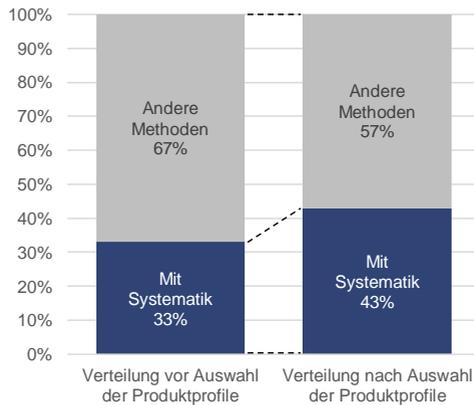


Abbildung 6.18: Anteil detaillierter Ideen aus zu evaluierenden Design Support (Bruns, 2020)<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

**Expertenbewertung der durch den zu evaluierenden Design Support generierten Produktprofile im Meilenstein (Achstes Schlüsselergebnis)**

Aus der Bewertung mittels grüner und roter Aufkleber durch Experten im Meilenstein ergibt sich das Ergebnis in Abbildung 6.19.

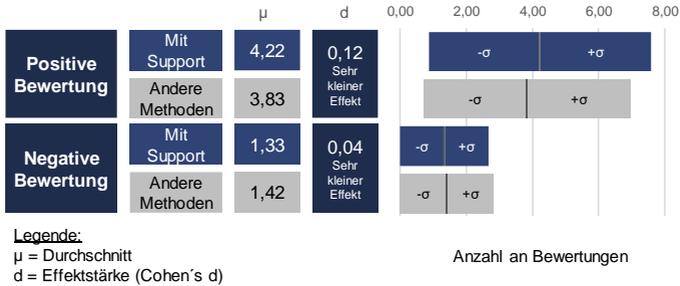


Abbildung 6.19: Darstellung der Ergebnisse Expertenbewertung der detaillierten Ideen (Bruns, 2020)<sup>22</sup>

Zwar sind die Effektstärken nach Cohen (1988) zu gering zur Erfassung eines Effekts, nach Sawilowsky (2009) hingegen kann bei den Werten für *Cohen's d* in beiden Fällen von einem sehr kleinen positiven Effekt gesprochen werden.

**6.4 Zwischenfazit**

Das im Rahmen dieser Studie entworfene Konzept zur Evaluation von Design Support konnte in diesem ersten Beispiel exemplarisch angewandt werden. Eine Eignung zum Nachweis und Test der relevanten Effekte konnte gezeigt werden. Die Anwendung des Evaluationskonzepts zeigt, dass die **Forschungshypothese** dieser Arbeit durch Einsatz der Effektstärke nach Cohen im Rahmen der dieser Forschungsarbeit zugrundeliegenden Untersuchungsumgebungen **verifiziert** werden konnte. Im nächsten Schritt ist dieses allgemeine Evaluationskonzept auf weiteren Design Support anzuwenden und seinerseits zu evaluieren und kontinuierlich weiterzuentwickeln.

<sup>22</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Die Teilschritte des Evaluationskonzepts und deren Schlüsselergebnisse bescheinigen ein erfolgreiches Abschneiden der *Systematik zur zukunftsorientierten* Produktentwicklung. Die vielen und unterschiedlichen einzelnen Messungen geben Konfidenz in die Ergebnisse der Forschung, auch wenn die einzelnen Evaluationen selten besonders stark ausgeprägte Effekte aufzeigen.

Da die Stichprobengrößen in dieser Studie eher gering sind, empfiehlt sich eine wiederholte Anwendung zur Verifikation der Reproduzierbarkeit und der Ergebnisse bei größeren Stichprobengrößen. Dabei ist jedoch die begrenzte Anzahl an qualifizierten Probanden bei hohem zu erwartendem Aufwand herauszustellen.

Ferner ist darauf hinzuweisen, dass die zeitlichen Aufwände zur Anwendung des Design Supports hier nicht in die Bewertung einfließen. Dies liegt der Tatsache zu Grunde, dass es sich dabei nur um einige Personenstunden handelt, die in keinem Verhältnis zu der generierten Wertschöpfung stehen, die mit der Identifikation der richtigen Marktleistung von morgen einhergeht.



## 7 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel zusammengefasst. Anschließend wird ein Ausblick über weiterführende Arbeiten, die im Zusammenhang mit dieser Arbeit stehen, gegeben.

### 7.1 Zusammenfassung

Die Verantwortung des Ingenieurs ist es einen Beitrag für die Gesellschaft durch Innovationen zu leisten, um damit die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Unternehmen langfristig zu sichern. Das Management von Unternehmen fordert deshalb von seinen Produktentwicklern unter anderem *zukunftsrobuste Lösungen* zu entwickeln, *innovative Ideen in den Innovationsprozess einzubringen* sowie durch eine zukunftsorientierte Planung eine *kontinuierliche Wettbewerbssteigerung über die einzelnen Produktgenerationen zur Wettbewerbsdifferenzierung* zu ermöglichen. Diese Forderungen adressieren im Verständnis der KaSPro – Karlsruher Schule für Produktentwicklung, dass zukunftsrobuste Produktprofile mit hohem Innovationspotential gefunden werden müssen. Mit anderen Worten sollen Produkte entwickelt werden, die morgen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auch beim Eintreten verschiedener alternativer Zukünfte erfolgreich sind. Aus dieser Forderung ergibt sich unausweichlich, dass eine systematische Auseinandersetzung mit der Zukunft erfolgen muss. Dieser Zusammenhang wird in der nachfolgenden Abbildung illustriert (vgl. Kapitel 1).



Abbildung 7.1: Zusammenhang von Innovationen und der Befassung mit der Zukunft; Innovationsverständnis nach (Albers, Heimicke, Walter, et al., 2018)

Die Analyse des Stands der Forschung stellt die Grundlagen dieser Forschungsarbeit zusammenfassend dar. Folgende Abbildung ist eine Visualisierung dessen (vgl. Kapitel 2).

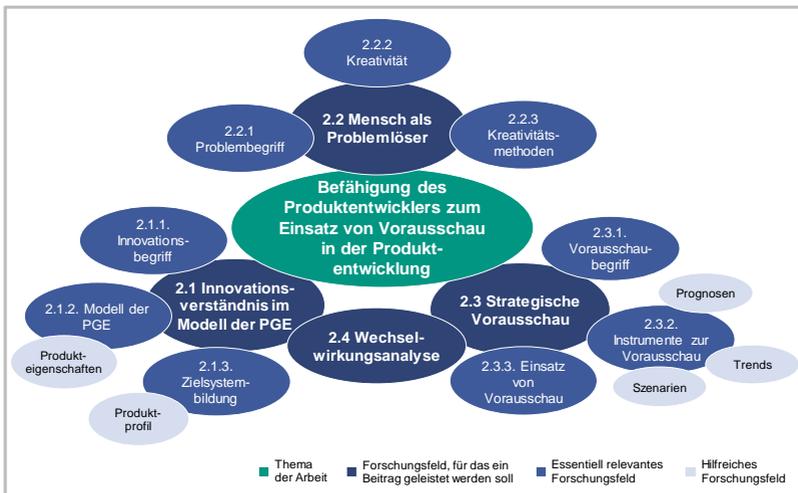


Abbildung 7.2: Forschungsfeld und relevante angrenzende Forschungsfelder (Blessing & Chakrabarti, 2009)

Eine besondere Erkenntnis stellen die im Referenzmodell zusammengefassten Wechselwirkungen zwischen Vorausschau und Produktentwicklung in Kapitel 2.4 dar: Durch den Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung wird das Ziel verfolgt zukünftig relevante Produkteigenschaften zu antizipieren sowie die Relevanz dieser bereits in Frühen Phasen der PGE – Produktgenerationsentwicklung zu validieren. Systematisierte Vorgehensweisen zur Befähigung des Produktentwicklers bei der Identifikation und Validierung von Produktprofilen durch Vorausschau existieren noch nicht.

Deshalb wurde das nachfolgende Ziel der Forschungsarbeit formuliert.

*Ziel der Forschungsarbeit ist die Entwicklung einer Systematik zur Befähigung des Produktentwicklers zur Identifikation von Produktprofilen mit hohem Innovationspotential sowie zur generationsübergreifenden Planung von Entwicklungsumfängen bei der initialen Zielsystembildung durch den gezielten Einsatz von Methoden der Vorausschau in der Produktentwicklung.*

Das Forschungsziel wurde anhand der nachfolgenden Forschungsfragen operationalisiert.

1. Welches Zielsystem wird an eine Systematik, die den Einsatz von Vorausschau zur Entwicklung mehrerer aufeinanderfolgender Produktgenerationen mit strategischem Zeithorizont ermöglicht, gestellt?
2. Welche Systematik ist notwendig, um eine Entwicklung über mehrere aufeinanderfolgende Produktgenerationen mit strategischem Zeithorizont durch Vorausschau zu ermöglichen?
3. Welchen Beitrag kann die entwickelte Systematik leisten, um die aus der Vorausschau gewonnenen Erkenntnisse zum Generieren und Validieren von Produktprofilen und -ideen mit hoher Zukunftsrobustheit und hohem Inventionspotential zu nutzen?

Die *Spiral of Applied Research* (Eckert et al., 2003) wurde angewandt, um die Forschungsarbeit in den allgemeinen Forschungskontext einzuordnen. Mithilfe der Studien der DRM (Blessing & Chakrabarti, 2009) wurden die einzelnen Forschungsaktivitäten geplant (vgl. Kapitel 3).

Zur Ableitung des an die zu entwickelnde Systematik gestellten Zielsystems wurde das dreistufige, in der folgenden Abbildung gezeigte Vorgehen gewählt. Das Ergebnis sind 20 Erfolgsfaktoren anhand derer in der zweiten deskriptiven Studie die Systematik evaluiert werden kann.

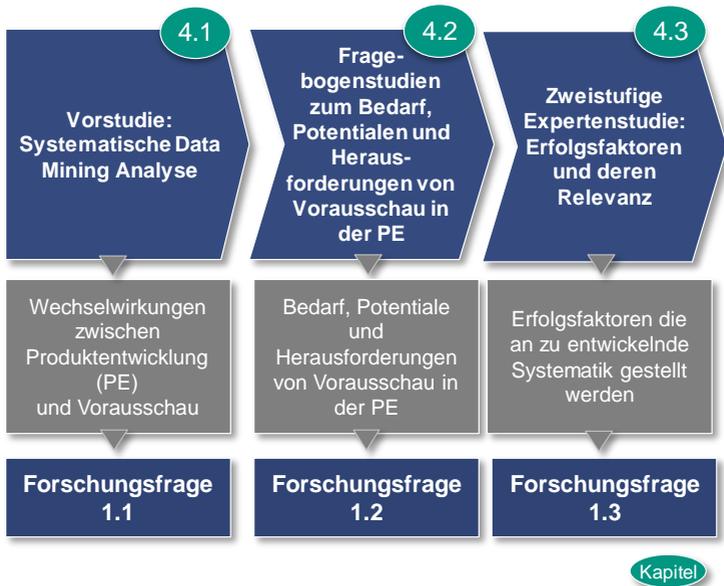


Abbildung 7.3: Vorgehen der ersten deskriptiven Studie

Die Studienergebnisse zeigen eine Diskrepanz zwischen der Relevanz von Vorausschau und der tatsächlichen Anwendung. Produktentwickler erkennen zwar den Bedarf von Vorausschau an, setzen diese jedoch nicht hinreichend ein (vgl. Kapitel 4).

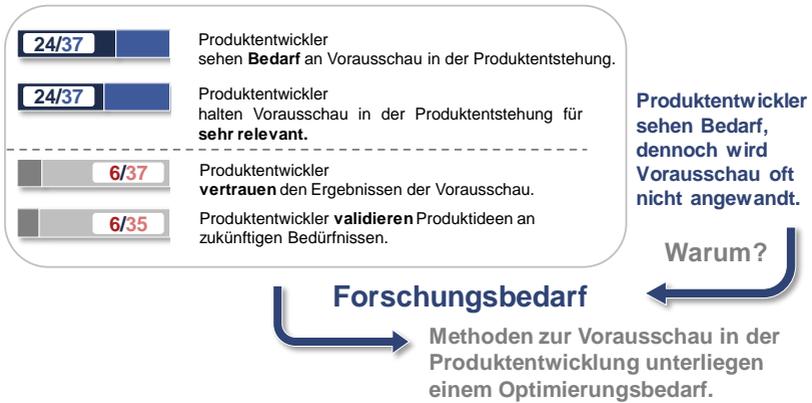


Abbildung 7.4: Diskrepanz zwischen Bedarf und tatsächlicher Anwendung in der Produktentwicklung (Kühfuss, 2018)<sup>1</sup>

Folgende drei Erfolgsfaktoren wurden von den befragten Experten als besonders relevant eingeschätzt:

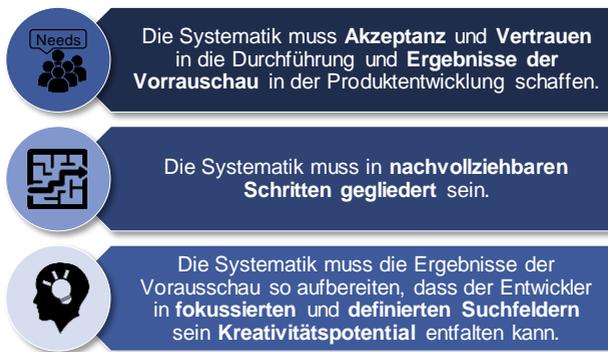


Abbildung 7.5: Studienergebnis: Erfolgsfaktoren mit besonders großer Relevanz

Die in der präskriptiven Studie entwickelte Systematik stellt deshalb ein grundlegendes Vorgehensmodell zur Verfügung, damit der Produktentwickler die auf seiner Erfahrung und Fantasie basierende Kreativität bestmöglich zur Ableitung kreativer

<sup>1</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Produktprofile nutzen kann und nicht von der Menge an Informationen oder möglicher alternativer Vorgehensweisen abgelenkt wird (vgl. Kapitel 5.2.4).

Das Vorgehensmodell der Systematik wird in folgender Abbildung visualisiert:

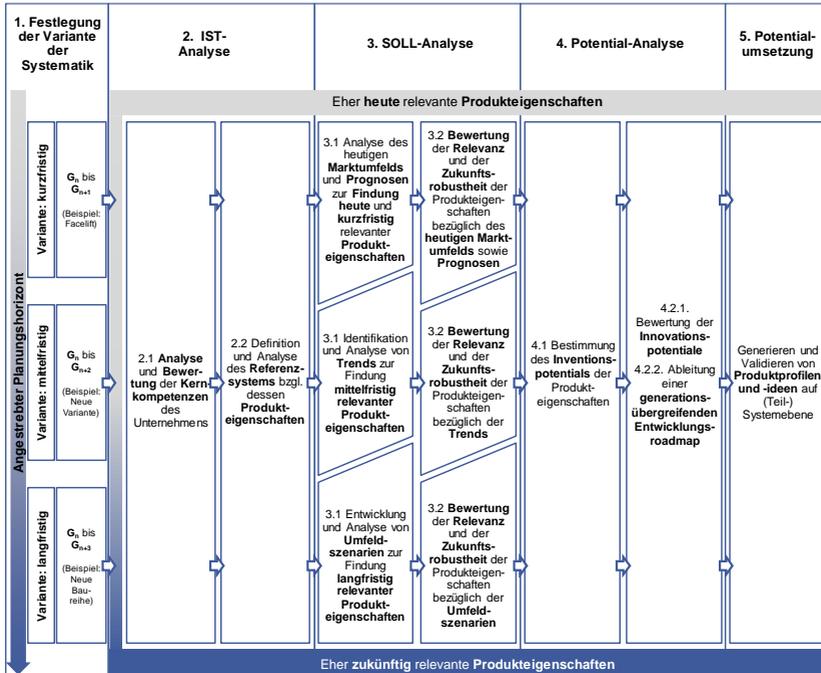


Abbildung 7.6: Studienergebnis: Vorgehensmodell der entwickelten Systematik (Marthaler, Orsolani Uhlig, et al., 2019)

Die einzelnen Schritte der Systematik wurden anhand eines Leitbeispiels detailliert erklärt. Darüber hinaus wurden spezifische Methoden in den einzelnen Schritten des Vorgehensmodells, die beim Generieren der jeweilig geforderten Ergebnisse unterstützen, vorgestellt. Ein Kernergebnis sind die im Rahmen der Forschungsarbeit eingeführten Bewertungsgrößen der identifizierten Potentiale der Zukunftsrobustheit und des Inventionspotentials. Diese Definitionen werden im Folgenden schrittweise hergeleitet.

<b>Relevanz einer Produkteigenschaft</b>	<b>Umfeldspezifisches Inventionspotential einer Produkteigenschaft</b>
Einfluss einer Produkteigenschaft auf die <b>Kundenzufriedenheit</b> in einem <b>spezifischen Umfeld</b>	<b>Möglicher Umfang schöpferischer Leistung</b> zur Realisierung einer Produkteigenschaft durch eine technische Neuerung in einem <b>spezifischen Umfeld</b>
<b>Gewichtete Relevanz einer Produkteigenschaft</b>	<b>Gewichtetes Inventionspotential einer Produkteigenschaft</b>
Einfluss einer Produkteigenschaft auf die <b>Kundenzufriedenheit über alle</b> betrachteten und (gewichteten) <b>Umfelder</b>	<b>Möglicher Umfang schöpferischer Leistung</b> zur Realisierung einer Produkteigenschaft durch eine technische Neuerung <b>über alle</b> betrachteten und gewichteten <b>Umfelder</b>
<b>Standardabweichung der gewichteten Relevanz</b>	<b>Standardabweichung des gewichteten Inventionspotentials</b>
Streuung der Relevanz einer Eigenschaft über alle betrachteten und gewichteten Umfelder. Gibt Auskunft über die Ähnlichkeit der Relevanzbewertungen zwischen Umfeldern	Streuung des Inventionspotentials einer Produkteigenschaft über alle betrachteten und gewichteten Umfelder. Gibt Auskunft über die Ähnlichkeit der Inventionspotentiale zwischen Umfeldern
<b>Zukunftsrobustheit</b>	<b>Inventionspotential</b>
Beitrag einer Produkteigenschaft zur Kundenzufriedenheit beim Eintreten verschiedener Entwicklungen der Umfelder	<b>Möglicher Umfang schöpferischer Leistung</b> zur Realisierung einer Produkteigenschaft beim Eintreten verschiedener Entwicklungen der Umfelder

Abbildung 7.7: Herleitung der Definitionen von Zukunftsrobustheit und Inventionspotential

Anhand des integrierten Einsatzes dieser Bewertungsgrößen können Entwicklungsumfänge priorisiert werden. Eine hohe Zukunftsrobustheit spricht für eine hohe Sicherheit auch beim Eintreffen verschiedener Szenarien. Die Realisierung dieser Eigenschaft ist damit aus Sicht der Zukunftsrobustheit erstrebenswert. Ein hohes Inventionspotential zeigt, dass das Unternehmen einen großen Kompetenzaufbau, sei es durch Akquisition oder Kompetenzaufbau im eigenen Unternehmen, zur Realisierung dieser Produkteigenschaft betreiben muss. Sofern damit die strategische Entscheidung fällt, auf diese Produkteigenschaft zu setzen, ist ein früher (Vor-)entwicklungsbeginn anzustreben. Mit anderen Worten ist bei einer hohen Zukunftsrobustheit und einem hohen Inventionspotential ein früher Variationszeitpunkt einer Produkteigenschaft zu forcieren.

Die Evaluation der Systematik erfolgte anhand verschiedener Anwendungsfälle. Dazu werden Entwicklungsprojekte mit unterschiedlichen Planungshorizonten sowie Branchen mit unterschiedlichen Produktlebenszyklen in Labor-, Live-Lab- sowie Feldstudien durchgeführt und analysiert. Als Grundlage zur Evaluation wurde auf die Support-, Success- und Application-Evaluation nach Blessing und Chakrabarti zurückgegriffen. Die an den Studien beteiligten Probanden führten im Anschluss an die Studie eine Befragung zum Erfüllungsgrad der Erfolgsfaktoren durch. Dazu wurde der durchschnittliche Erfüllungsgrad pro durchgeführte Befragung ermittelt. Im Ergebnis zeigt sich, dass mit zunehmender zeitlicher Exponierung der Probanden mit der Systematik ein Wohlfühlereffekt einsetzt, da der Erfüllungsgrad der Erfolgsfaktoren steigt (Abbildung 7.8). Dies kann als ein Indiz verstanden werden, dass die Akzeptanz der Probanden gegenüber der entwickelten Systematik und damit dem Einsatz von Vorausschau in Produktentwicklung ebenfalls steigt (Kapitel 6).

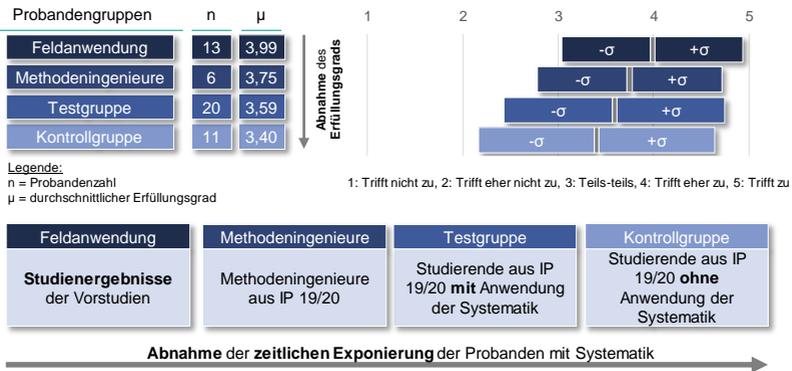


Abbildung 7.8: Umfrageergebnisse der Feld- & Laborstudie im Vergleich (Bruns, 2020)<sup>2</sup>

Ebenso konnte gezeigt werden, dass unter den im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung vorherrschenden Randbedingungen, die mit der Systematik generierten Produktprofile hinsichtlich Inventionspotential und Zukunftsrobustheit besser abschneiden.

<sup>2</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

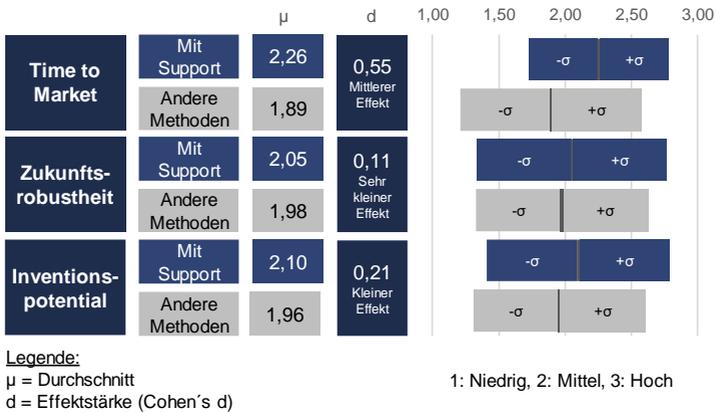


Abbildung 7.9: Ergebnis einer Studie im Live-Lab IP hinsichtlich der Zukunftsrobustheit und des Inventionspotentials der entwickelten Produktprofile (Bruns, 2020)<sup>3</sup>

Bis auf wenige Ausnahmen bescheinigen alle Teilschritte und Schlüsselergebnisse der Evaluation der *Systematik zur zukunftsorientierten* Produktentwicklung ein erfolgreicheres Abschneiden als bei Kontrollgruppen mit Anwendung anderer oder keiner Methoden. Die vielen und unterschiedlichen einzelnen Messungen geben Konfidenz in die Ergebnisse der Forschung, auch wenn die einzelnen Evaluationen selten besonders stark ausgeprägte Effekte aufzeigen.

Damit lässt sich zusammenfassend feststellen, dass die **Forschungshypothese** dieser Arbeit **verifiziert** werden kann: Ein positiver Effekt auf das Inventionspotential sowie die Zukunftsrobustheit kann in den unter den Studien zugrunde liegenden Forschungsvorgehen und Forschungsumgebungen nachgewiesen werden. Da die Stichprobengrößen in diesen Studien eher gering sind, empfiehlt sich eine wiederholte Anwendung zur Verifikation der Reproduzierbarkeit und der Ergebnisse bei größeren Stichprobengrößen. Dabei ist jedoch der zu erwartende Aufwand aufgrund der begrenzten Anzahl an qualifizierten Probanden herauszustellen.

<sup>3</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

## 7.2 Ausblick

Der Ausblick gibt einen zusammenfassenden Überblick zu möglichen Forschungsvorhaben. Dazu wird das in Kapitel Abbildung 7.10 dargestellte ARC-Diagramm zur Verortung der vorgeschlagenen Forschungsthemen genutzt. Die vier gefundenen Forschungsimpulse sind in der nachfolgenden Abbildung in blau hervorgehoben.

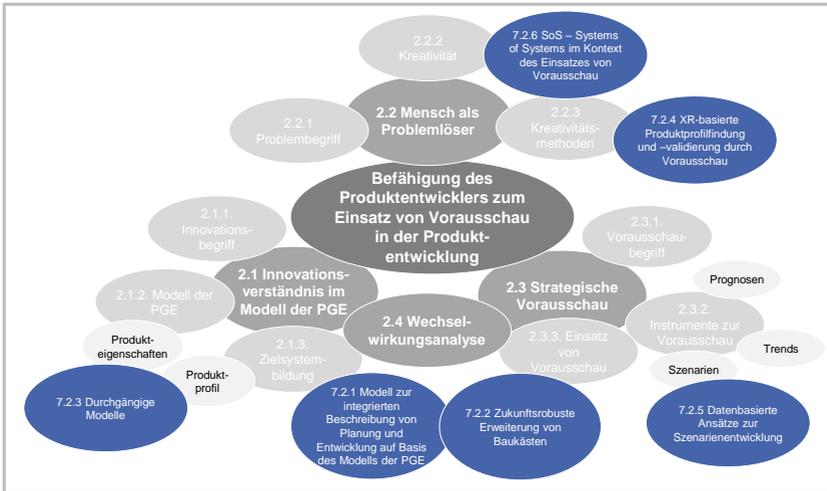


Abbildung 7.10: ARC-Diagramm zur Verortung möglicher Forschungsvorhaben

### 7.2.1 Modell zur integrierten Beschreibung von Planung und Entwicklung auf Basis des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Ein Ansatz für eine nachhaltige Unterstützung bei der Entwicklung zukunftsrobuster Konzepte und Lösungen ist, wie im Stand der Forschung gezeigt, das in den vergangenen Jahren für die Produktentwicklung erarbeitete Modell der PGE–Produktgenerationsentwicklung. Das Modell der PGE kann als grundlegendes Konzept der Beschreibung beliebiger Produktentwicklungen in die strategische Produktplanung ausgeweitet werden. Dazu wurde bereits ein erstes Grundlagenforschungsvorhaben bewilligt. In diesem Forschungsvorhaben soll durch die konsequente Einbindung des Modells der PGE ein konsistentes methodisches Vorgehen ohne Brüche

zwischen strategischer Produktplanung und Produktentwicklung geschaffen werden. Die Vision ist einen methodischen Ansatz zu konzipieren, der eine nahtlose Beschreibung, Planung und Realisierung vielzähliger Produktprogramme mit mehreren, auch miteinander vernetzten Produktlinien zeitlich über mehrere Produktgenerationen (kurzfristig, mittelfristig und langfristig) ermöglicht. Dabei sollen unter anderem auf Basis von Planungsmustern, die anhand einer bestimmten Kombination von Merkmalen und deren Ausprägungen spezifische Entwicklungssituationen beschreiben, situations- und bedarfsgerechte Normstrategien bestimmt werden. Das Nutzenpotential dieses Vorhabens entsteht dadurch, dass je nach vorliegendem Planungsmuster auf vordefinierte und validierte Normstrategien zurückgegriffen werden kann. Dies ermöglicht eine effiziente Planung über mehrere aufeinanderfolgende Produktgenerationen hinweg und schärft das Bewusstsein der mit den Entscheidungen verbundenen Entwicklungschancen und -risiken. Die konsequente Verknüpfung des Modells der PGE mit der strategischen Produktplanung kann vereinfacht und als initiale Idee anhand eines PGE-Planungsportfolios modelliert werden (siehe Abbildung 7.11). Je nach Betrachtungsebene und Planungshorizont sind unterschiedliche Methoden zur Planung vorzusehen. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ist das Modell weiter zu detaillieren sowie die notwendigen Methoden zu verorten, zu adaptieren oder gar zu entwickeln.

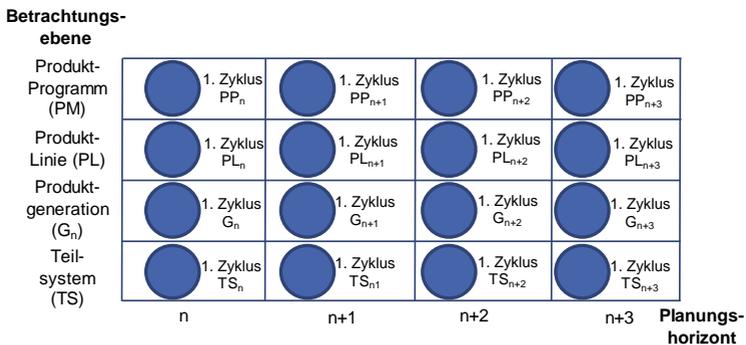


Abbildung 7.11: PGE-Planungsportfolio für die Beschreibung von Wechselwirkungen des Modells der PGE mit der strategischen Planung<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Darstellungsform aus Albers, Dumitrescu, 2019, DFG-Tandemantrag auf Sachbeihilfe zur *Zukunftsrobusten Produktentwicklung: Systematische Erweiterung des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung durch Adaption von Methoden der strategischen Produktplanung*.

## 7.2.2 Zukunftsrobuste Erweiterung von Baukästen

Die Produkt- und Programmlinien übergreifende Baukastenentwicklung ist mit einer hohen Komplexität, hervorgerufen durch Varianz, Umfang und Vernetzung der Anforderungen, verbunden. Für eine zukunftsrobuste Baukastenentwicklung für mehrere Produktlinien und Produktgenerationen ist aufgrund der langen Entwicklungszyklen und der sehr großen Einsatzdauern von Baukästen die Berücksichtigung zukünftiger Anforderungen und das Vorhalten der Integrationsmöglichkeit neuer, noch unbekannter Technologien erforderlich. Dazu ist es notwendig neben dem klassischen Set an Anforderungen, durch Vorausschau antizipierte Anforderungen bereits in der Planung und Konzeption des Baukastens zu berücksichtigen. Hier kann durch eine Ausweitung der im Rahmen dieser Systematik entwickelten Systematik zur Identifikation von Produkteigenschaften mit hohem Innovationspotential ein Beitrag geleistet werden. Eine erste Idee hin zu einer Entwicklung von zukunftsrobusten Baukästen zeigt die folgende Abbildung 7.12. Erste Forschungsvorhaben zur Entwicklung von zukunftsrobusten Baukästen sind bereits bewilligt.

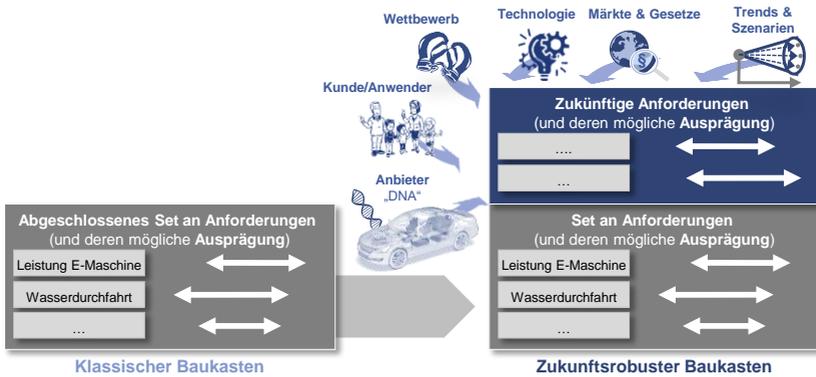


Abbildung 7.12: Vom klassischen zum zukunftsrobusten Baukasten (eigene Darstellung)

### 7.2.3 Durchgängige Modellierung in der Frühen Phase der PGE

Mit dem Ziel die durch die Anwendung der in dieser Forschungsarbeit entwickelten Systematik generierten Erkenntnisse bestmöglich für die Folgeprozesse nutzen zu können, ist eine durchgängige und integrierte Repräsentation der Informationen notwendig (Hirschter et al., 2018; Kleiner et al., 2017). Dazu eignet sich der Einsatz des Model-Based-Systems Engineerings während der gesamten Anwendung der Systematik. So sind die im Referenzsystem anhand von Produkteigenschaften beschriebenen Referenzsystemelemente in MBSE zu modellieren. Auf diese Weise ist eine Nachverfolgbarkeit von Veränderungen sowie eine Auswirkung auf andere Elemente des Referenzsystems möglich. Ein initialer Versuch dieses durchgängigen Einsatzes eines Datenmodells bereits während der Vorausschau ist erstmalig im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung in Kooperation mit dem Unterenpartner Bosch erfolgt. Dazu wurden die identifizierten Produkteigenschaften in der Ist- und Soll-Analyse der Systematik in CAMEO modelliert. Eine beispielhafte Repräsentation des erzeugten Modells stellt folgende Abbildung dar.

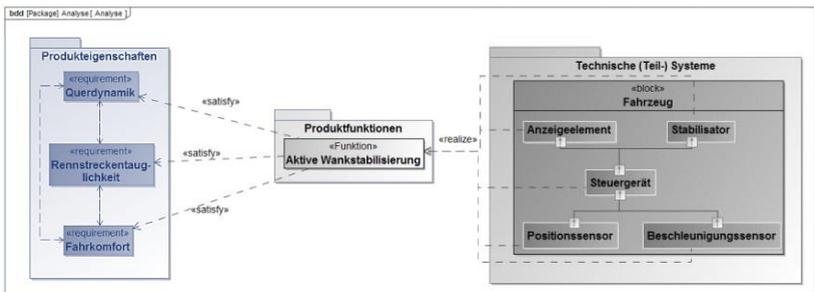


Abbildung 7.13: Beispielhafte Repräsentation des erzeugten Datenmodells (Hirschter et al., 2018)

Im Folgenden ist damit die entwickelte Systematik digital durch MBSE abzubilden, um einen effizienten Einsatz dieser über den gesamten Produktentstehungsprozess zu ermöglichen.

## 7.2.4 XR-basierte Produktprofilfindung und -validierung durch Vorausschau

Außerdem hat wie in Kapitel 5.2.4 gezeigt, die Immersionstiefe einen Einfluss auf das Kreativitätspotential der Entwickler. Eine höhere Immersion kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die zur Verfügung stehenden Szenarien durch VR- und AR-Technologien modelliert werden. Dazu sind Methoden, Vorgehensweisen und Hilfsmittel zu erforschen, die die nutzenstiftende Modellierung der Szenarien ermöglichen. Dazu wurde in einer ersten betreuten Masterarbeit das grundlegende Potential dieser Technologien für den Einsatz in der Vorausschau nachgewiesen (Etri, 2020)<sup>5</sup>. Folgende Abbildung illustriert eine beispielhafte Anwendung von VR-Technologie als Kreativitätsmethode zur Findung von Produktprofilen.



Abbildung 7.14: Simulierte VR-Umgebung zur Findung von Produktprofilen durch VR-Technologie

## 7.2.5 Datenbasierte Ansätze zur Entwicklung von Szenarien

Die Durchführung von strategischer Vorausschau, insbesondere die Entwicklung von Zukunftsszenarien, anhand derer zukünftig relevante Produkteigenschaften in der Soll-Analyse der im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Systematik identifiziert werden sollen, sind mit der Notwendigkeit der Integration von Fachexperten auf der einen Seite und einem sehr hohen, zeitlichen Aufwand auf der anderen Seite verbunden. Beim Szenario-Management sind vor allem die Identifikation von Einfluss-

---

<sup>5</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

faktoren, die Einflussanalyse sowie die Konsistenzanalyse sehr aufwändig (Marthaler, Albers, Gesk, Siebe & Gesk, 2020). Zur Steigerung der inhaltlichen Qualität der Eingangsdaten und zur Reduktion der Aufwände können unter anderem daten- und algorithmenbasierte Ansätze eingesetzt werden. In einem explorativen Projekt werden dazu auf Basis eines Algorithmus Wikipedia, Google-Scholar und ResearchGate systematisch durchsucht und die Einflussmatrix initial befüllt. Die Struktur des eingesetzten Algorithmus wird in der folgenden Abbildung illustriert.

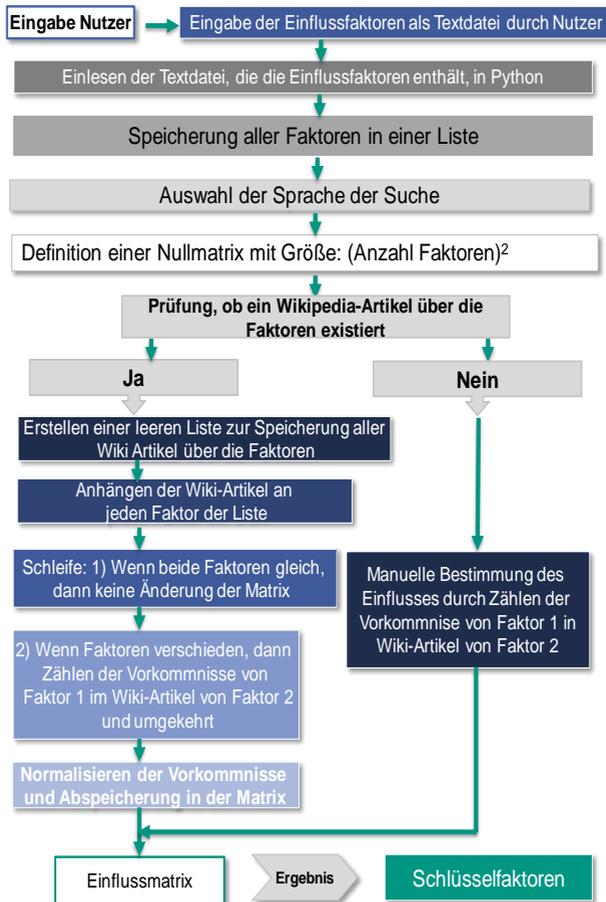


Abbildung 7.15: Struktur des Algorithmus zur teil-automatisierten Einflussanalyse

Die generierten Ergebnisse befinden sich aktuell in der Evaluationsphase. Aufgrund der sehr ähnlichen Anmutung der generierten Einflussmatrizen zu den charakteristischen, von Experten ausgefüllten Einflussmatrizen kann auf eine grundlegende Eignung dieses Ansatzes geschlossen werden. Weiterhin werden Ansätze zur maschinellen Analyse und Modellierung von Texten zum Monitoring von Markt- und Technologieumgebungen erforscht (Belger, Blum & Zimmermann, 2019).

### **7.2.6 SoS – System of Systems im Kontext des Einsatzes von Vorausschau**

Die zu entwickelnden Marktleistungen sind als Teil eines übergeordneten System of Systems (SoS) zu verstehen. Dabei sind Wechselwirkungen über Sektoren hinweg zu berücksichtigen. Diese Wechselwirkungen bieten für die Entwicklung zukünftiger Produktgenerationen nicht nur Risiken, sondern auch Chancen. Ein möglicher Forschungsansatz ist deshalb, durch eine kombinierte Betrachtung von systemunabhängigen Szenarien wechselseitige Implikationen abzuleiten. Diese Forschungs-idee folgt dabei dem Prinzip der Assoziation beziehungsweise Analogiebildung in dessen Mittelpunkt der Mensch steht. Beispielsweise können so anhand von Szenarien, die die Entwicklung des Gesundheitssektors beschreiben, Implikationen für Fahrzeuge, als Teil eines Mobilitätssystems, abgeleitet werden. Diese Forschungs-idee stellt die nachfolgende Abbildung 7.16 dar.

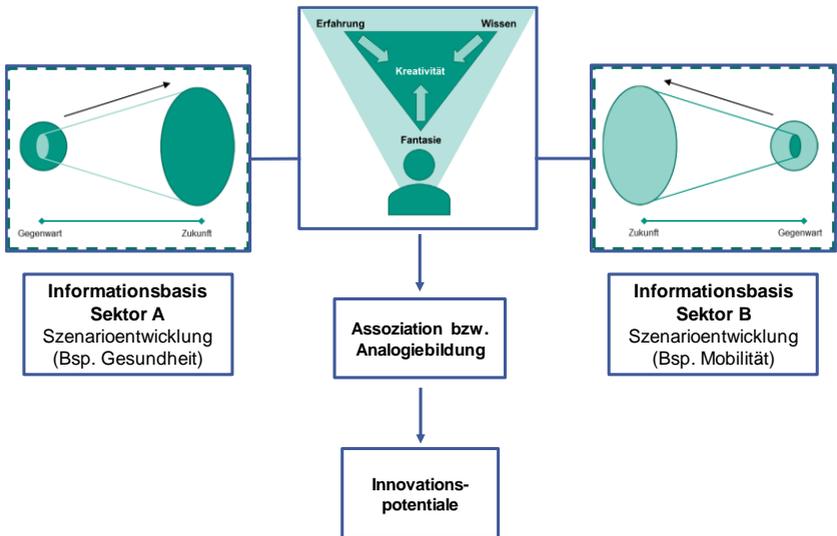


Abbildung 7.16: Kombinierte Betrachtung von systemunabhängigen Szenarien (Inceoglu, 2019)<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Co-Betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)



## 8 Literaturverzeichnis

- Abele, E., Schneider, J. & Maier, A. (2018). *ETA - die Modell-Fabrik: Energieeffizienz weiter gedacht*. Forschungsberichte des Institut für Produktionsmanagement, Technologien und Werkzeugmaschinen (PTW) an der Technischen Universität Darmstadt.
- Abele, T. (2016). *Die frühe Phase des Innovationsprozesses*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-09722-6>
- Acatech. (2012). *Technikzukünfte: Vorausdenken – Erstellen – Bewerten (acatech IMPULS)*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-34607-1>
- Albers, A. (2010). Five hypotheses and a meta model of engineering design processes. In *Tools and Methods of Competitive Engineering ; 8th International Symposium, Ancona, Italy (TMCE) : 2010.04.12-16. Vol. 1. Ed.: I. Horváth* (pp. 343–356). Faculty of Industrial Design Engineering, Univ. of Technology, Delft.
- Albers, A., Burkardt, N., Meboldt, M. & Saak, M. (2005). SPALTEN Problem Solving Methodology in the Product Development. *DS 35: Proceedings ICED 05, the 15th International Conference on Engineering Design, Melbourne, Australia, 15.-18.08.2005*, full paper no. DS35\_317.49. Retrieved from <https://www.designsociety.org/download-publication/23010/spalten+problem+solving+methodology+in+the+product+development>
- Albers, A., Bursac, N., Butenko, V., Marthaler, F. & Zhang, Q. (2018). The World is Complex Therefore our Research is Needed - Using Data Mining for Literature Reviews. In *Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference* (Design Conference Proceedings, n. p.). Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Croatia; The Design Society, Glasgow, UK.
- Albers, A., Bursac, N., Marthaler, F., Reiß, N., Siebe, A., Bender, B., Binz, H.-G., Krause, D., Lachmayer, R., Matthiesen, S., Vietor, T. (2017). Szenarien der Methodenanwendung - Ein Whitepaper für die Methodenforschung. *Konstruktion*, 69(11/12), S. 72-77.
- Albers, A., Bursac, N., Marthaler, F., Siebe, A., Reiß, N. & Hirschter, T. (2018). Development methods for 2030: An interpretation of scenarios in the application of methods. In P. Ekströmer & Schütte, Simon and Ölvander, Johan (Hrsg.), *DS 91: Proceedings of NordDesign 2018* (p. 1-9). Linköping, Sweden: Design Society.

- Albers, A., Bursac, N. & Rapp, S. (2015). PGE – Produktgenerationsentwicklung am Beispiel des Zweimassenschwungrads. *Forschung im Ingenieurwesen*, 81(1), S. 13-31. <https://doi.org/10.1007/s10010-016-0210-0>
- Albers, A., Bursac, N., Urbanec, J., Lüdcke, R. & Rachenkova, G. Knowledge Management in Product Generation Development – an empirical study. In D. Krause & K. Paetzold (Eds.), 2014 – 25. *DfX-Symposium 2014* (S. 13-24). <https://doi.org/10.13140/2.1.5104.4643>
- Albers, A., Bursac, N. & Wintergerst, E. (2015). Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. In H.-G. Binz (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP)* (S. 1-10). Fraunhofer Verlag.
- Albers, A., Dumitrescu, R., Marthaler, F., Albers, A. A., Kühfuss, D., Strauch, M., Siebe, A., Bursac, N. (2018). PGE-Produktgenerationsentwicklung und Zukunftsvorausschau: Eine systematische Betrachtung zur Ermittlung der Zusammenhänge. In J. Gausemeier (Hrsg.), *Vorausschau und Technologieplanung: 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT)* (HNI-Verlagschriftenreihe, pp. 23–43). Heinz Nixdorf Institut, Paderborn.
- Albers, A., Ebertz, J., Rapp, S., Heimicke, J., Kürten, C., Zimmermann, V., Bause, L., Blattner, R. (2020). Produktgeneration 1 im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung: Verständnis, Zusammenhänge und Auswirkungen in der Produktentwicklung. In *KIT Scientific Working Papers ; 149* (o. S.). <https://doi.org/10.5445/IR/1000127971>
- Albers, A. & Gausemeier, J. (2012). Von der fachdisziplinerorientierten Produktentwicklung zur vorausschauenden und systemorientierten Produktentstehung. In R. Anderl, M. Eigner, U. Sandler & R. Stark (Hrsg.), *Smart Engineering: Interdisziplinäre Produktentstehung* (S. 17-29). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Albers, A., Gladysz, B., Heitger, N. & Wilmsen, M. (2016). Categories of Product Innovations. A Prospective Categorization Framework for Innovation Projects in Early Development Phases Based on Empirical Data. In *CIRP Design conference* (vol. 50, S. 135-140). Stockholm, Sweden. <https://doi.org/10.5445/IR/1000060194>
- 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 E. Dekoninck, A. Wodehouse, C. Snider, G. Georgiev & G. Cascini (Hrsg.), *DS 89: Proceedings of The Fifth International Conference on Design Creativity (ICDC 2018), University of Bath, Bath, UK* (Proceedings of the ... International Design Conference, Bd. 89, pp. 93–100). Retrieved from <https://www.designsociety.org/download-publication/40704/experience+scenarios+to+stimulate+creativity+-+generating+solutions+in+the+system+of+systems+of+seamless+mobility>

- Albers, A., Haug, F., Heitger, N., Arslan, M., Rapp, S. & Bursac, N. (2016). Produktgenerationsentwicklung - Praxisbedarf und Fallbeispiel in der automobilien Produktentwicklung. In J. Gausemeier (Hrsg.), *Vorausschau und Technologieplanung: 12. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung* (Verlags-schriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Band 360, o. S.). Paderborn: Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn.
- Albers, A., Heimicke, J., Hirschter, T., Richter, T., Reiß, N., Maier, A., Bursac, N. (2018). Managing Systems of Objectives in the agile Development of Mecha-tronic Systems by ASD – Agile Systems Design. In P. Ekströmer & Schütte, Si-mon and Ölvander, Johan (Hrsg.), *DS 91: Proceedings of NordDesign 2018* (n. p.). Linköping, Sweden: Design Society.
- Albers, A., Heimicke, J., Walter, B., Basedow, G. N., Reiß, N., Heitger, N., Ott, S., Bursac, N. (2018). Product Profiles: Modelling customer benefits as a founda-tion to bring inventions to innovations. In F. Laroche & A. Bernard (Eds.), *28th CIRP Design Conference* (vol. 2018, n. p.). Nantes, France.  
<https://doi.org/10.5445/IR/1000083324>
- Albers, A., Krämer, L., Arslan, M. & Bursac, N. (2015). Identifikation und Analyse künftiger Kompetenzbedarfe in der Produktgenerationsentwicklung - am Bei-spiel der Antriebsentwicklung eines Sportwagenherstellers. In *Vorausschau und Technologieplanung - 11. Symposium für Vorausschau und Technologie-planung, Berlin, 29. und 30. Oktober 2015. Hrsg.: J. Gausemeier* (Bd. 347, S. 319–336). Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn.
- Albers, A., Lohmeyer, Q. & Ebel, B. (2011). Dimensions of objectives in interdis-ci-plinary product development projects. In *Impacting society through engineering design: ICED 11 København. Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design, Copenhagen, Denmark, August 15th-18th, 2011. Vol. 2: Design theory and research methodology. Ed.: S. Culley* (DS / Design Soci-ety, vol. 68, p. 256-265). Design Society, Glasgow.
- Albers, A. & Matthiesen, S. (1998). Was bringt die Zukunft? Trends in der Automa-tisierung von KFZ-Antriebssträngen. In *Getriebe in Fahrzeugen '98 : Tagung Friedrichshafen, 16. und 17. Juni 1998* (VDI-Berichte, S. 133-158). VDI Verlag.
- Albers, A., Meyer-Schwickerath, B. & Siebe, A. (2013). Vorausschau im Kontext des Produktentstehungsprozesses mittelständischer Unternehmen – Ein An-satz auf Basis des integrierten Produktentstehungs-Modells (iPeM). In J. Gau-semeier (Hrsg.), *9. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung* (Bd. 318, o. S.). Universität Paderborn.
- Albers, A., Rapp, S., Birk, C. & Bursac, N. (2017). Die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung. In *4. Stuttgarter Symposium für Produktent-wicklung 2017 (SSP) : Produktentwicklung im disruptiven Umfeld* (Beiträge zum Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, o. S.). Fraunhofer Verlag.

- Albers, A., Rapp, S., Spadinger, M., Richter, T., Birk, C., Marthaler, F., Heimicke, J., Kurtz, V., Wessels, H. (2019). The Reference System in PGE-Product Generation Engineering: A Generalized Understanding of the Role of Reference Products and Their Influence on the Development Process. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19), Delft, The Netherlands, 5-8 August 2019* (Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design, p. 1693-1702). Delft.
- Albers, A., Reiß, N., Bursac, N. & Richter, T. (2016). iPeM–integrated Product engineering Model in context of Product Generation Engineering. In L. Wang & T. Kjellberg (Hrsg.), *26th CIRP Design Conference* (Bd. 50, p. 100-105). Stockholm, Sweden.
- Albers, A., Reiß, N., Bursac, N., Walter, B. & Gladysz, B. (2015). InnoFox – Situationsspezifische Methodenempfehlung im Produktentstehungsprozess. In H.-G. Binz (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung (SSP)* (S. 100-105). Fraunhofer Verlag.
- Albers, A., Scherer, H., Bursac, N. & Rachenkova, G. (2015). Model Based Systems Engineering in Construction Kit Development – Two Case Studies. In Shpitalni, Moshe, A. Fischer & G. Molcho (Hrsg.), *Proceedings of the CIRP 25th Design Conference Innovative Product Creation* (Bd. 36, p. 129-134). Haifa, Israel. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.01.044>
- Allport, G. W. & Odbert, H. S. (1936). *Trait-names: A psycho-lexical study* (Bd. 47). Washington, DC: Psychological Review Company. <https://doi.org/10.1037/h0093360>
- Altshuller, G. S. & Orloff, M. A. (2017). TRIZ Algorithms of Invention. In M. A. Orloff (Ed.), *ABC-TRIZ: Introduction to Creative Design Thinking with Modern TRIZ Modeling* (p. 31-40). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-29436-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29436-0_3)
- Amabile, T. M., Conti, R., Coon, H., Lazenby, J. & Herron, M. (1996). Assessing the work environment for creativity. *Academy of management journal*, 39(5), p. 1154-1184.
- Anonyme Interviewpartner (August 2018). Interview durch Dennis Kühfuss, Florian Marthaler.
- Ansoff, H. I. (1957). Strategies for diversification. *Harvard Business Review*, 35(5), p. 113-124.
- Bader, J. J. (2007). *Die Hauptstellgrößen des Produktzielmanagements am Beispiel der Automobilentwicklung* (Produktentwicklung, 1. Aufl.). Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Forschungsbericht, 2007. München: Verl. Dr. Hut.
- Barth, A., Caillaud, E. & Rose, B. (2011). How to validate research in engineering design. In S. J. Culley, B. Hicks, T. C. McAloone & Howard, T.J. & Reich, Y.

- (Hrsg.), *DS 68-2: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11), Impacting Society through Engineering Design* (p. 41-50).
- Becker, F. (2020). *Feldforschung und Laborstudien: Der Ort der Untersuchung*. Zugriff am 23.01.2020. Verfügbar unter: <https://wpgs.de/fachtexte/forschungsdesigns/feldforschung-laborstudien-ort-der-untersuchung/>
- Becker, P. (2002). Corporate foresight in Europe: a first overview. *University of Bielefeld: Institute for science and technology studies. Bielefeld*. Zugriff am 30.01.2021. Verfügbar unter: [http://projects.mcrit.com/esponfutures/documents/European%20Studies/Becker%20P.%20\(2002\)%20Corporate%20Foresight%20in%20Europe.pdf](http://projects.mcrit.com/esponfutures/documents/European%20Studies/Becker%20P.%20(2002)%20Corporate%20Foresight%20in%20Europe.pdf)
- Belger, A., Blum, R. & Zimmermann, R. (2019). Maschinelle Analyse und Modellierung von Texten zum Monitoring von Markt- und Technologieumgebungen. In J. Gausemeier, W. Bauer & R. Dumitrescu (Hrsg.), *15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung* (15. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Bd. 390, S. 499–512). Paderborn.
- Benesty, J., Chen, J., Huang, Y. & Cohen, I. (2009). Pearson Correlation Coefficient. In J. Benesty (Ed.), *Noise reduction in speech processing* (Springer topics in signal processing, vol. 2, vol. 2, p. 1-4). Berlin: Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-00296-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-00296-0_5)
- Bergmann, D. & Lehr, T. (2015). *Umfeldszenarien für 2050. Vorstellungen über die Zukunft und ihre Bedeutung für den Verbrauch und die Nutzung natürlicher Ressourcen*. Zugriff am 30.01.2021. Verfügbar unter: [https://www.kongressbw.de/sites/default/files/2016-07/151007\\_ressourcen\\_plenum\\_5.pdf](https://www.kongressbw.de/sites/default/files/2016-07/151007_ressourcen_plenum_5.pdf)
- Bishop, P., Hines, A. & Collins, T. (2007). The current state of scenario development: an overview of techniques. *foresight*, 9(1), p. 5-25.  
<https://doi.org/10.1108/14636680710727516>
- Blessing, L. T. & Chakrabarti, A. (2009). *DRM, a Design Research Methodology*. London: Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-587-1>
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.-H., Ekvall, T. & Finnveden, G. (2005). Towards a user's guide to scenarios-a report on scenario types and scenario techniques. *Royal Institute of Technology, Stockholm*, 38(7), p. 723-739.  
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002>
- Börsting, P. (2012). *Konstruktionsbarrieren in der Mikrosystemtechnik und deren Überwindung durch einen Funktionskatalog*. Forschungsberichte: IPEK; 57. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.  
<https://doi.org/10.5445/IR/1000031514>
- Bullinger, H.-J. (1994). *Einführung in das Technologiemanagement. Modelle, Methoden, Praxisbeispiele* (Technologiemanagement - Wettbewerbsfähige Technologieentwicklung und Arbeitsgestaltung). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.

- Bullinger, H.-J. (Mai 2018). Interview durch Dennis Kühfuss, Florian Marthaler.
- Burger, W. (Juni 2018). Interview durch Dennis Kühfuss, Florian Marthaler.
- Burmeister, K. & Schulz-Montag, B. (2009). Corporate Foresight. In R. Popp & E. Schüll (Hrsg.), *Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis* (Wissenschaftliche Schriftenreihe Zukunft und Forschung des Zentrums für Zukunftsstudien Salzburg, Bd. 1, Bd. 1, S. 277–292). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-78564-4\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-540-78564-4_21)
- Bursac, N. (2016). *Model Based Systems Engineering zur Unterstützung der Baukastenentwicklung im Kontext der Frühen Phase der Produktgenerationsentwicklung*. Forschungsberichte: IPEK; 93. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe. <https://doi.org/10.5445/IR/1000054484>
- Cantamessa, M. (2011). Design research in perspective: A meta-research on iced 97 and iced 99. In S. J. Culley (Ed.), *International Conference on Engineering Design ICED11, Denmark // Design process* (DS / Design Society, vol. 68, p. 29-36). Glasgow: Design Society.
- Chakraborty, R. & Burgess, J. (2000). Conceptual modeling of innovation impact on business, technology and society. In *Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology* (vol. 1, p. 333-338). IEEE.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences 5th ed.* Hoboken: Taylor and Francis.
- Cooper, R. G. & Kleinschmidt, E. J. (1993). Screening new products for potential winners. In T. Laamanen (Hrsg.), *Long Range Planning* (26. Aufl., Bd. 26, p. 74-81). Amsterdam: Elsevier. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(93\)90208-W](https://doi.org/10.1016/0024-6301(93)90208-W)
- Coskun Samli, A. & Weber, J. A. E. (2000). A theory of successful product breakthrough management: learning from success. In *Journal of Product & Brand Management* (Bd. 9, p. 35-55). <https://doi.org/10.1108/10610420010316320>
- Courtney, H. (2001). *20/20 Foresight: Crafting strategy in an uncertain world. Crafting strategy in an uncertain world*. Boston Mass.: Harvard Business Press; Harvard Business School Press.
- Cuhls, K. (Hrsg.). (2008). *Methoden der Technikvorausschau - eine internationale Übersicht* (ISI-Schriftenreihe Innovationspotenziale). Stuttgart: IRB Verlag. Verfügbar unter: [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dok-serv?id=3127332&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dok-serv?id=3127332&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm)
- Day, G. S., Schoemaker, P. J. H. & Schoemaker, P. J. (2006). *Peripheral vision: Detecting the weak signals that will make or break your company. Detecting the weak signals that will make or break your company*. Boston, Mass.: Harvard Business Press; Harvard Business School Press.

- Dette, K. (1976). *Ideenentwicklungsmethoden: Untersuchung eines potentiellen Planungsinstruments*. Forschungsberichte. Technische Universität Berlin, Berlin.
- Dönitz, E. J. (Juli 2018). Interview durch Dennis Kühfuss, Florian Marthaler.
- Dörner, D. (1979). *Problemlösen als Informationsverarbeitung* (Kohlhammer-Standards Psychologie Studententext, 2. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Dudenredaktion. (2020, 20. März). *Duden | Methode | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft*. Zugriff am 20.03.2020. Verfügbar unter: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Methode>
- Durance, P. & Godet, M. (2012). Scenario building: Uses and abuses. In S. Cunningham & M.-C. Hu (Hrsg.), *Technological Forecasting and Social Change* (Bd. 77, p. 1488-1492). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.007>
- Eckert, C. M., Clarkson, P. J. & Stacey, M. K. (2003). The Spiral of Applied Research: A Methodological View on Integrated Design Research. In A. Folkesson (Ed.), *DS 31: Proceedings of ICED 03, the 14th International Conference on Engineering Design* (vol. 31, n. p.). Glasgow: Design Society.
- Eggink, W., Reinders, A. & Meulen, B. (2009). A practical approach to product design for future worlds using scenario-development. *Annals of Operations Research - Annals OR*, (09/169), p. 1-6.
- Ehrlenspiel, K. (1995). *Integrierte Produktentwicklung. Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion*. München: Hanser.
- Ehrlenspiel, K. (2007). *Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit* (3., aktualisierte Aufl.). München: Hanser. Verfügbar unter: [http://hsu-hh.ciando.com/shop/book/short/index.cfm/fuseaction/short/bok\\_id/10532](http://hsu-hh.ciando.com/shop/book/short/index.cfm/fuseaction/short/bok_id/10532)
- Eiletz, R. (1999). *Zielkonfliktmanagement bei der Entwicklung komplexer Produkte - am Beispiel PKW-Entwicklung* (Reihe Konstruktionstechnik München, Bd. 32, Als Ms. gedr). Zugl.: München, Techn. Univ., Forschungsbericht, 1999. Aachen: Shaker.
- Eysenck, H. J. (1993). Creativity and Personality: Suggestions for a Theory. *Psychological Inquiry*, 4(3), p. 147-178. [https://doi.org/10.1207/s15327965pli0403\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327965pli0403_1)
- Feldbrügge, R. & Brecht-Hadraschek, B. (2008). *Prozessmanagement leicht gemacht. Geschäftsprozesse analysieren und gestalten* (Leicht gemacht, 2., aktualisierte Aufl.). München: Redline Wirtschaft.
- Feldhusen, J. & Grote, K.-H. [Karl-Heinrich] (Hrsg.). (2013). *Pahl/Beitz Konstruktionslehre* (8., vollständig überarbeitete Auflage.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29569-0>
- Fichter, K., Hintemann, R. & Disselkamp, M. (2009). *Grundlagen des Innovationsmanagements. Instrumente und Methoden zur Umsetzung im Unternehmen*.

- Wiesbaden, s.l.: Carl-von-Ossietzky-Univ., Arbeitsbereich Weiterbildung und Bildungsmanagement; Gabler Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-663-07881-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-663-07881-4_2)
- Fink, A. (2020). *Die Zukunft der urbanen Mobilität 2040* (ScMI AG, Hrsg.). Paderborn. Zugriff am 30.01.2021. Verfügbar unter: <https://www.scmi.de/de/zukunft-urbane-mobilitaet>
- Fink, A., Hadridge, P. & Ringland, G. (2007). From Signals to Decisions. In B. Sharpe (Ed.), *Scenarios For Success: Turning Insights into Action. Turning insights into action* (p. 145-171). Chichester: Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119208136.ch6>
- Fink, A., Schlake, O. & Siebe, A. (2001). *Erfolg durch Szenario-Management. Prinzip und Werkzeuge der strategischen Vorausschau*. Frankfurt/Main: Campus-Verlag.
- Fink, A. & Siebe, A. (2016). *Szenario-Management: von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Fink, A., Siebe, A. & Kuhle, J.-P. (2004). How scenarios support strategic early warning processes. *foresight*, 6(3), p. 173-185. <https://doi.org/10.1108/14636680410548392>
- Fink, A., Siebe, A. & Kuhle, J.-P. (2010). How scenarios interconnect strategy, innovation, and early warning processes. *World Future Review*, 2(1), p. 5-30. <https://doi.org/10.1177/194675671000200103>
- Fleischer, J. & Klinkel, S. (2003). Kundenorientierte Innovation und Management von Kundenwissen. In *Customer Knowledge Management. Hrsg.: W. Bungard* (S. 89–104). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Fontius, J. (2014). *Megatrends und ihre Implikationen für die Logistik: Ableitung von Wirkungszusammenhängen. Ableitung von Wirkungszusammenhängen* (Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin, Bd. 25). Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Forschungsbericht, 2013. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin; Univ.-Verl. TU.
- Frigo, G., Marthaler, F., Ott, S., Albers, A. & Hillerbrand, R. (2020). Training Responsible Engineers. The Role of Virtues in Teaching Engineering Ethics. *Special Issue on Ethics in Engineering Education and Practice" Australasian Journal of Engineering Education (AJEE) (accepted)*. <https://doi.org/10.1080/22054952.2021.1889086>
- Funke, J. (2000). Psychologie der Kreativität. In R. M. Holm-Hadulla (Hrsg.), *Kreativität* (S. 283–300). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-87237-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-642-87237-2_14)
- Gackstatter, S., Spieler, A. & Stephan, J. (Price Waterhouse Cooper, Hrsg.). (2015). *Innovation. Deutsche Wege zum Erfolg*. Zugriff am 22.10.2018. Verfügbar unter: [https://www.pwc.de/de/publikationen/paid\\_pubs/pwc\\_innovation\\_-\\_deutsche\\_wege\\_zum\\_erfolg\\_2015.pdf](https://www.pwc.de/de/publikationen/paid_pubs/pwc_innovation_-_deutsche_wege_zum_erfolg_2015.pdf)

- Galbraith, J. R. (1973). *Designing complex organizations* (Addison-Wesley series on organization development, no. 2559). Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Galbraith, J. R. (1974). Organization Design: An Information Processing View. *Interfaces*, 4(3), p. 28-36. <https://doi.org/10.1287/inte.4.3.28>
- Gassmann, O. & Kobe, C. (2006). *Management von Innovation und Risiko*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/3-540-33755-5>
- Gausemeier, J., Ebbesmeyer, P. & Kallmeyer, F. (2001). *Produktinnovation. Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen*. München: Hanser. Verfügbar unter: <http://www.gbv.de/dms/hanser/9783446216310.pdf>
- Gausemeier, J., Grafe, M. & Meyer auf der Heide, Friedhelm. (2015). *Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung: Grundlagen, Methoden und Werkzeuge; Interaktions- und Visualisierungstechniken, Virtual Prototyping intelligenter technischer Systeme mit AR/VR*. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn.
- Gausemeier, J., Ovtcharova, J., Amshoff, B., Eckelt, D., Elstermann, M., Placzek, M., Wiederkehr, O. (2016). *Strategische Produktplanung. Adaptierbare Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die Planung der Marktleistungen von morgen*. Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn. Zugriff am 09.09.2018.
- Gausemeier, J. & Plass, C. (2014). *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen* (2., überarb. Aufl.). München: Hanser. <https://doi.org/10.3139/9783446438422>
- Geschka, H. (2006). Szenariotechnik als Instrument der Frühaufklärung. In *Management von Innovation und Risiko* (S. 357–372). Heidelberg: Springer.
- Geschka, H. & Schwarz-Geschka, M. (2012). Einführung in die Szenariotechnik. Zugriff am 30.01.2021. Verfügbar unter: [https://geschka.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Artikel\\_Einfuehrung\\_in\\_die\\_Szenariotechnik.pdf](https://geschka.de/fileadmin/Downloads/Publikationen/Artikel_Einfuehrung_in_die_Szenariotechnik.pdf)
- Gesellschaft für Konsumforschung. (2006). *Umfassende Studie über die Ursachen von Produktflops bei Fast Moving Consumer Goods*. München. Zugriff am 20.03.2020. Verfügbar unter: [http://presse.serviceplan.de/uploads/tx\\_sppresse/301.pdf](http://presse.serviceplan.de/uploads/tx_sppresse/301.pdf)
- Gordon, T. J. & Glenn, J. C. (2009). *Methods Frontiers and Integration, Futures Research and Studies Methodology Series*. Nairobi: United Nations Development Program: African Futures; The Millennium Project.
- Grabowski, H. (1997). *Neue Wege zur Produktentwicklung* (Raabe Innovationen). Stuttgart: Raabe.
- Granig, P. (2007). *Innovationsbewertung. Potentialprognose und -steuerung durch Ertrags- und Risikosimulation*. Wiesbaden: Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-8350-5412-7>
- Greve, E., Rennpferdt, C., Hartwich, T. & Krause, D. (2020). Determination of Future Robust Product Features for Modular Product Family Design. In *ASME*

- 2019 International Mechanical Engineering Congress and Exposition (Volume 14: Design, Systems, and Complexity, n. p.). New York, N.Y.: American Society of Mechanical Engineers. <https://doi.org/10.1115/IMECE2019-10497>
- Greve, E., Rennpferdt, C. & Krause, D. (2018). Strategic Product Program Planning considering variety-induced complexity. In J. Gausemeier (Hrsg.), *Vorausschau und Technologieplanung: 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT)* (HNI-Verlagsschriftenreihe, n. p.). Heinz Nixdorf Institut, Paderborn.
- Grunwald, A. (2010). *Technikfolgenabschätzung - eine Einführung* (Gesellschaft - Technik - Umwelt, n.F., 1, 2., grundlegend überarb. u. wesentlich erw. Aufl.). Berlin: Ed. Sigma.
- Haberfellner, R., Nagel, P., Becker, M., Daenzer, W. F. & Huber, F. (1994). *Systems engineering. Methodik und Praxis* (7. Aufl., neu bearb. und erw.). Zürich: Verlag Industrielle Organisation.
- Häder, M. (2014). *Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch* (Springer-Lehrbuch, 3. Auflage). Wiesbaden: Westdeutscher Verlag; Springer VS.
- Hauschildt, J., Salomo, S., Schultz, C. & Kock, A. (2016). *Innovationsmanagement* (Vahlens Handbücher, 6., vollständig aktualisierte und überarbeitete Auflage). München: Verlag Franz Vahlen. <https://doi.org/10.15358/9783800647293>
- Heger, T. & Rohrbeck, R. (2012). Strategic foresight for collaborative exploration of new business fields. In S. Cunningham & M.-C. Hu (Hrsg.), *Technological Forecasting and Social Change* (Bd. 79, p. 819-831). Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.11.003>
- Heimicke, J., Reiß, N., Albers, A., Walter, B., Breitschuh, J., Knoche, S. Bursac, N. (2018). Agile innovative impulses in product generation engineering: Creativity by intentional forgetting. In E. Dekoninck, A. Wodehouse, C. Snider, G. Georgiev & G. Cascini (Hrsg.), *DS 89: Proceedings of The Fifth International Conference on Design Creativity (ICDC 2018), University of Bath, Bath, UK* (Proceedings of the ... International Design Conference, Bd. 89, p. 183-190).
- Henderson, R. M. & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation. The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. In *Administrative Science Quarterly* (35. Aufl., p. 9-30). Sage Publications Inc. <https://doi.org/10.2307/2393549>
- Hill, T. & Westbrook, R. (1997). SWOT analysis: It's time for a product recall. In *Long Range Planning* (Bd. 30, p. 46-52). [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(96\)00095-7](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(96)00095-7)
- Hirschter, T., Heitger, N., Haug, F., Fahl, J., Mandel, C., Marthaler, F., Albers, A. (2018). Zukunftsorientierte PGE-Produktgenerationsentwicklung. Ein Ansatz zur systematischen Überführung von Szenarien in zukünftige Produktgeneration in der frühen Phase der PGE. In J. Gausemeier (Hrsg.), *Vorausschau und*

*Technologieplanung: 14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT)* (HNI-Verlagsschriftenreihe, o. S.). Heinz Nixdorf Institut, Paderborn.

- Hirt, M., Braun, M., Holtmannspötter, D., Zweck, A., Warnke, P. & Kimpeler, S. (2016). BMBF-Foresight-Zyklus 2. Vorgehensweise und Ergebnisse. *Zeitschrift für Zukunftsforschung*, 5(1), S. 42-56.
- Horx, M. (1998). *Trendbuch* (3. Aufl.). Düsseldorf: Econ.
- Ili, S., Albers, A. & Miller, S. (2010). Open innovation in the automotive industry. In E. Enkel, O. Gassmann & H. Chesbrough (Hrsg.), *R&D Management* (Bd. 40, p. 246-255). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2010.00595.x>
- Jannek, K. & Burmeister, K. (2007). Corporate foresight in small and medium-sized enterprises. *Foresight Brief*, (101), n. p. Zugriff am 30.01.2021. Verfügbar unter: <http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2011/04/EFMN-Brief-No.-101-Corporate-Foresight-SME.pdf>
- 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), p. 20-31. <https://doi.org/10.1108/14601060110365547>
- Johansson, B. & Böhme, O. J. (1997). *Kreativität und Marketing. Die Anwendung von Kreativitätstechniken im Marketingbereich* (Kreatives Management, Bd. 1, 2., überarb. und gekürzte Aufl.). Bern: Lang.
- John, F. A. & Snelson, P. A. (1988). Success factors in product innovation: A selective review of the literature. *Journal of Product Innovation Management*, 5(2), p. 114-128. [https://doi.org/10.1016/0737-6782\(88\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0737-6782(88)90003-3)
- Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F. & Tsuji, S. (1984). Attractive Quality and Must-Be Quality. In *Journal of the Japanese Society for Quality Control* (14. Aufl., p. 39-48). The Japanese Society for Quality Control.
- Keating, C., Rogers, R., Unal, R., Dryer, D., Sousa-Poza, A., Safford, R. et al. (2003). System of Systems Engineering. *Engineering Management Journal*, 15(3), p. 36-45. <https://doi.org/10.1080/10429247.2003.11415214>
- Kleiner, S., Husung, S., Mandel, C., Albers, A., Behrendt, M., Kleiner, S. (2017). (Model-Based) Systems Engineering für die Digitalisierung der Produktentwicklung. *Tag des Systems Engineering 2017*, S. 135-144. <https://doi.org/10.3139/9783446455467.015>
- Kline, R. B. (2004). *Beyond significance testing: Reforming data analysis methods in behavioral research*. Washington: American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10693-000>
- Klopp, M. (1999). *Das "Fledermaus-Prinzip". Strategische Früherkennung für Unternehmen*. Stuttgart: Logis.
- Köster, O. (2014). *Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung*. Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG. Zugriff am 09.09.2018. Verfügbar unter: <https://d-nb.info/1053718659/34>

- Kotler, P. & Bliemel, F. (2006). *Marketing-Management. Analyse, Planung und Verwirklichung* (wi - Wirtschaft, Bd. 9, 10., überarb. und aktualisierte Aufl.). München: Pearson-Studium.
- Krause, D. & Gebhardt, N. (2018). *Methodische Entwicklung modularer Produktfamilien. Hohe Produktvielfalt beherrschbar entwickeln*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53040-5>
- Krause, F.-L. (2007). *Innovationspotenziale in der Produktentwicklung*. München: Hanser. Verfügbar unter: [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dok-serv?id=2799783&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dok-serv?id=2799783&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm)
- Lauster, M. (2015). Vorausschau und Zukunftswissen – Gedanken zu einer Epistemologie der Zukunftsforschung. *Fraunhofer Publica*, o. S. Zugriff am 30.01.2020. Verfügbar unter: [http://publica.fraunhofer.de/e-prints/urn\\_nbn\\_de\\_0011-n-3666822.pdf](http://publica.fraunhofer.de/e-prints/urn_nbn_de_0011-n-3666822.pdf)
- Lenhard, W. & Lenhard, A. (2016). *Calculation of Effect Sizes*. Dettelbach: Psychometrica. Zugriff am 15.03.2021. Verfügbar unter: [https://www.psychometrica.de/effect\\_size.html](https://www.psychometrica.de/effect_size.html)
- Liebl, F. (1996). *Strategische Frühaufklärung. Trends - issues - stakeholders*. München, Wien: Oldenbourg.
- Lindemann, U. (2009). *Methodische Entwicklung technischer Produkte: Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden* (VDI-Buch, 3., korrigierte Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; Springer-Verlag Berlin Heidelberg; Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01423-9>
- Lohmeyer, Q. (2013). *Menschzentrierte Modellierung von Produktentstehungssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Synthese und Analyse dynamischer Zielsysteme*. Forschungsberichte: IPEK; 53. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe. <https://doi.org/10.5445/IR/1000035102>
- Marthaler, F., Albers, A., Gesk, J., Siebe, A. & Gesk, J. W. (2020). An explorative approach to deriving future scenarios: A first comparison of the consistency matrix-based and the catalog-based approach to generating future scenarios. *International CIRP Design Conference, 91*, p. 883-892. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.245>
- Marthaler, F., Buchta, W., Albers, A. & Bursac, N. (2019). Development and evaluation of a method to estimate the probabilities of occurrence of environment- and system scenarios based on the valuation of trends and a Cross-Impact-Analysis. *IEEE International Symposium on Systems Engineering 2019*, p. 1-10. <https://doi.org/10.1109/ISSE46696.2019.8984561>
- Marthaler, F., Dühr, K., Göing, M., Krex, M., Krastev, D., Meier, B., Albers, A. (2019). „The Client“: Identifikation und Analyse von differenzierenden und robusten Produktanforderungen im B2B-Bereich durch die Persona-Methode am

Beispiel der Berg- und Tagebauindustrie. In S. O. Schulze, C. Tschirner, R. Kaffenberger & S. Ackva (Hrsg.), *Tag des Systems Engineering: München, 6. - 8. November 2019* (S. 95–104). Gesellschaft für Systems Engineering. Zugriff am 15.01.2020. Verfügbar unter:

<https://books.google.de/books?id=tpl8DwAAQBAJ&dq=%22The+Client%22:+Identifikation+und+Analyse+von+differenzierenden+und+robusten+produktanforderungen>

- Marthaler, F., Finster, F., Siebe, A., Bursac, N. & Albers, A. (2019). PGE-Product Generation Engineering and Foresight: Developing Future-robust, Product Architectures. In *ISPIM Conference Proceedings* (p. 1-27). Florence, Italy.
- Marthaler, F., Heimicke, J., Ou, J., Reiß, N., Bursac, N. & Albers, A. (2019). Inno-Bandit 2.0: A Systematic Approach to Scenario-Based Product Profile Generation in PGE – Product Generation Engineering. *Procedia CIRP*, 84, p. 790-797. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.313>
- Marthaler, F., Hu, B. & Albers, A. (2019). Technology-Push based Product Engineering based on Future Scenarios: Application for deriving product strategies at BMW A. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (p. 1625-1636). Toronto, Kanada: IEOM Society International. Zugriff am 14.01.2020. Verfügbar unter: <http://ieom-society.org/toronto2019/papers/180.pdf>
- Marthaler, F., Mertes, T. & Albers, A. (2018). KPI-Linked Transformation Process For Digitized Production Through The Systematic Analysis And Evaluation Of Trends. In P. Ekströmer & Schütte, Simon and Ölvander, Johan (Hrsg.), *DS 91: Proceedings of NordDesign 2018* (n. p.). Linköping, Sweden: Design Society.
- Marthaler, F., Orsolani Uhlig, E., Marthaler, P., Kühfuss, D., Strauch, M., Siebe, A., Bursac, N., Albers, A. (2019). Strategische Potentialfindung zur generationsübergreifenden Produktentwicklung mit langfristigem Zeithorizont: Eine qualitative Studie im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung. In H.-G. Binz, B. Bertsche, W. Bauer, O. Riedel, D. Spath, D. Roth et al. (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2019. Agilität und kognitives Engineering* (S. 233-242). Stuttgart: Universität Stuttgart.
- Marthaler, F., Stahl, S., Siebe, A., Bursac, N., Spadinger, M. & Albers, A. (2019). Future-oriented PGE-product Generation Engineering: An Attempt to Increase the Future User Acceptance through Foresight in Product Engineering Using the Example of the iPhone User Interface. In *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design* (Bd. 1, p. 3641-3650).
- Marthaler, F., Stehle, S., Siebe, A. & Albers, A. (2020). Future-oriented product engineering through environment scenarios by using the example of future forms of mobility in urban living spaces. In *Proceedings of NordDesign* (n. p.). Linköping, Sweden: Design Society.

- Marxen, L. (2014). *A Framework for Design Support Development based on the integrated Product Engineering Model iPeM*. Forschungsberichte: IPEK; 74. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe. <https://doi.org/10.5445/IR/1000045823>
- McCrae, R. R. (1987). Creativity, divergent thinking, and openness to experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(6), p. 1258-1265. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.52.6.1258>
- Meyer-Schwickerath, B. (2014). *Vorausschau im Produktentstehungsprozess - Das integrierte Produktentstehungs-Modell (iPeM) als Bezugsrahmen für Vorausschau am Beispiel von Szenariotechnik und strategischer Frühaufklärung = Foresight for Product Engineering Processes - Using the Integrated Product Engineering Model (iPeM) to align foresight - the example of scenario technique and strategic early warning*. Forschungsberichte: IPEK; 79. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe. <https://doi.org/10.5445/IR/1000044947>
- Meyer-Schwickerath, B., Siebe, A. & Albers, A. (2012). Integrated use of scenario planning and strategic early warning systems to support product engineering processes. In *DS 71: Proceedings of NordDesign 2012, the 9th NordDesign conference, Aalborg University, Denmark. 22-24.08. 2012* (n. p.).
- Mičić, P. (2005). *30 Minuten für Zukunftsforschung und Zukunftsmanagement* (30-Minuten-Reihe, 3. Aufl.). Offenbach: GABAL Verlag.
- Mietzner, D. (2009). *Strategische Vorausschau und Szenarioanalysen. Methoden-evaluation und neue Ansätze* (Gabler Research). Wiesbaden: Gabler Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8349-8382-4>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), p. 81-97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Möhrle, M. G. & Isenmann, R. (2017). *Technologie-Roadmapping*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52709-2>
- Müller, A. W. (2009). *Strategic Foresight: Prozesse strategischer Trend- und Zukunftsforschung in Unternehmen // Perspektiven des Strategischen Controllings*. Festschrift für Prof. Dr. Ulrich Krystek (Gabler Research, 1. Aufl.). Wiesbaden: Gabler.
- Nagji, B. & Tuff G. (2012). Managing Your Innovation Portfolio. *Harvard Business Review*, 90(5), p. 66-74.
- Pahl, G. & Beitz, W. (1967). *Entwurfsingenieur und Konstruktionslehre unterstützen die moderne Konstruktionsarbeit. Handbuch für Studium und Praxis* (Bd. 19). Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-02288-7>

- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.-H. [Karl-H.]. (2003). *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-09186-9>
- Peglow, N., Powelske, J., Birk, C., Albers, A. & Bursac, N. (2017). Systematik zur Differenzierung von Varianten im Kontext der PGE-Produktgenerationsentwicklung. In *Tagungsband 15. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, Düsseldorf, Germany* (o. S.).
- Peterson, J. B. & Carson, S. (2000). Latent Inhibition and Openness to Experience in a high-achieving student population. *Personality and Individual Differences*, 28(2), p. 323-332. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(99\)00101-4](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(99)00101-4)
- Putz, M. & Klocke, F. (2017). Fraunhofer Leitprojekt E3-Produktion. In R. Neugebauer (Hrsg.), *Ressourceneffizienz: Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft* (Fraunhofer-Forschungsfokus, 1. Auflage, S. 145–174). Berlin and Heidelberg: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52889-1\textunderscore>
- Raffée, H. & Wiedmann, K.-P. (1998). Neurobasiertes Informationsmanagement als Erfolgsbasis zukunftsgerichteter Zielkundenbearbeitung. In *Marktorientierte Unternehmensführung* (S. 437-453). Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Rauch, W. & Wersig, G. (1978). *Delphi-Prognose in Information und Dokumentation. Untersuchung über zukünftige Entwicklungen des Bibliotheks-, Informations- und Dokumentationswesens in der Bundesrepublik Deutschland und in Österreich* (Beiträge zur Informations- und Dokumentationswissenschaft, Bd. 12). München: Dokumentation Saur.
- Redtenbacher, F. (1859). *Principien der Mechanik und des Maschinenbaues* (2. Aufl.). Mannheim: Bassermann.
- Reinhart, G., Schindler, S. & Pohl, J. (2009). Zyklenorientierte Produktionstechnologieplanung. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 104(1-2), 50–53. <https://doi.org/10.3139/104.110005>
- Renttenbach, R. & Christ, C. (2018). *Die Psychotherapie-Prüfung. Kompaktkurs zur Vorbereitung auf die Approbationsprüfung nach dem Psychotherapeutengesetz mit Kommentar zum IMPP-Gegenstandskatalog*. Stuttgart: Schattauer.
- Rhodes, J. M. (1961). An Analysis of Creativity. *The Phi Delta Kappan*, 42(7), p. 305-310. Verfügbar unter: <http://www.jstor.org/stable/20342603>
- Roehl, H. (2000). *Instrumente der Wissensorganisation. Perspektiven für eine differenzierende Interventionspraxis* (Gabler Edition Wissenschaft). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Rohrbeck, R. (2010). *Corporate foresight: towards a maturity model for the future orientation of a firm*. Heidelberg: Springer Science & Business Media.
- Rohrbeck, R. & Gemünden, H. G. (2006). Strategische Frühaufklärung-Modell zur Integration von markt-und technologieseitiger Frühaufklärung. In J. Gause-

- meier (ed.), *Vorausschau und Technologieplanung. 2. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz-Nixdorf-Institut* (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 198, S. 159-176). Paderborn: HNI Heinz Nixdorf Institut Univ. Paderborn.
- Ropohl, G. (Hrsg.). (1975). *Systemtechnik. Grundlagen und Anwendung ; mit 5 Tabellen*. München: Hanser.
- Sawilowsky, S. S. (2009). New Effect Size Rules of Thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 8(2), p. 597-599.  
<https://doi.org/10.22237/jmasm/1257035100>
- Schiffer, M. G. (2013). *Szenariorobuste Produktarchitekturgestaltung*. Forschungsbericht. Werkzeugmaschinenlabor WZL. RWTH Aachen, Aachen.
- Schlicksupp, H. (1976). *Kreative Ideenfindung in der Unternehmung. Methoden und Modelle* (Mensch und Organisation, Bd. 2, Reprint 2019). Berlin, Boston: De Gruyter.
- Schuh, G., Amoscht, J., Lenders, M. & Rudolf, S. (2010). *Effizienter innovieren mit Produktbaukästen. Studienergebnisse und Leitfaden – ein Beitrag zu Lean Innovation*. Aachen: WZL.
- Schuh, G., Lenders, M. & Bender, D. (2009). Szenariorobuste Produktarchitekturen. In *Vorausschau und Technologieplanung: 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Heinz-Nixdorf-Institut; 19. und 20. November 2009 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften* (S. 99-120).
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development;: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. New Brunswick: Transaction publishers.
- Schwartz, P. (1996). *The art of the long view: planning for the future in an uncertain world. Paths to strategic insight for yourself and your company*. New York: Crown Business; Bantam Doubleday Dell Pub. Group.
- Schweizer, P. (2018). *Systematisch Lösungen finden. Eine Denkschule für Praktiker* (3rd ed.). Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5606922>
- Siebe, A. (2018). *Die Zukunft vorausdenken und gestalten: Stärkung der Strategiekompetenz im Spitzencluster it's OWL*. Heidelberg: Springer-Verlag.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-56264-2>
- Siebe, A. & Fink, A. (2011). *Handbuch Zukunftsmanagement. Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung* (Business 2011, 2., aktualisierte und erweiterte Aufl.). Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH. Verfügbar unter: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=832986>
- Siebe, A., Fink, A. & Albers, A. (2012). Using Scenarios for Product Development – Overview and Experiences. In I. Horváth, A. Albers, M. Behrendt & Z. Rusák (Hrsg.), *Proceedings of TMCE 2012* (p. 973-984). Karlsruhe.

- Sontheimer, K. (1971). Voraussage als Ziel und Problem moderner Sozialwissenschaft. *Universitas Heidelberg / Deutsche Ausgabe*, 26(7), S. 687-703.
- Specht, G., Beckmann, C. & Amelingmeyer, J. (2002). *F- & -E-Management. Kompetenz im Innovationsmanagement* (UTB für Wissenschaft, 2., überarb. und erw. Aufl.). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Stechert, C. (2010). *Modellierung komplexer Anforderungen*. Forschungsbericht. Technische Universität Braunschweig, Braunschweig. Verfügbar unter: [https://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs\\_mods\\_00034287](https://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00034287)
- Steinmüller, K. (2007). Methoden der Zukunftsforschung-Langfristorientierung als Ausgangspunkt für das Technologie-Roadmapping. In M. G. Möhrle & R. Isenmann (Hrsg.), *Technologie-Roadmapping. Zukunftsstrategien Fa1/4r Technologieunternehmen* (VDI-Buch, S. 29-46). Dordrecht: Springer.
- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (2014). The Concept of Creativity: Prospects and Paradigms. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Handbook of creativity* (p. 3-15). New York: Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511807916.003>
- Tysen, M. (2012). *Zukunftsorientierung und dynamische Fähigkeiten: Corporate foresight in Unternehmen der Investitionsgüterindustrie*. Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-8349-3896-1>
- Tysen, M., Schneider, C., Gleich, R. & Wald, A. (2012). Corporate Foresight in kleinen und mittleren Unternehmen. *ZfKE-Zeitschrift für KMU und Entrepreneurship*, 60(1), S. 1-28. <https://doi.org/10.3790/zfke.60.1.1>
- VDI, 2221. *VDI 2221 Entwicklung technischer Produkte und Systeme – Gestaltung individueller Produktentwicklungsprozesse – Blatt 2 Entwurf*. Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.
- VDI, 2206 (2014). *VDI 2206 Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf*. Beuth Verlag, GmbH, Berlin.
- Walk, W. (März 2018). Interview durch Dennis Kühfuss, Florian Marthaler.
- Wallas, G. (1925). *The art of thought*. New York: Harcourt, Brace & Company.
- Walter, B., Albers, A., Haupt, F. & Bursac, N. (2016). Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor - Konzipierung und Implementierung eines Live-Lab. In D. Krause, K. Paetzold & S. Wartzack (Hrsg.), *Design for X: Beiträge zum 27. DfX-Symposium, Oktober 2016* (S. 283-295). Hamburg: TuTech Verlag Tu-Tech Innovation GmbH.
- Wauer, J., Moon, F. C. & Mauersberger, K. (2009). Ferdinand Redtenbacher (1809-1863): Pioneer in scientific machine engineering. *Mechanism and Machine Theory*, 44(9), p. 1607-1626. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2009.05.007>
- Weber, C. & Werner, H. (2000). Klassifizierung von CAx-Werkzeugen für die Produktentwicklung auf der Basis eines neuartigen Produkt-und Prozessmodells.

- In *DFX 2000: Proceedings of the 11th Symposium on Design for X*, Schnaittach/Erlangen, Germany, 12.-13.20. 2000 (S. 126–143).
- Wesner, E. (1977). *Die Planung von Marketing-Strategien auf der Grundlage des Modells des Produktlebenszyklus*. Forschungsbericht. Freie Universität, Berlin.
- Wynn, D. & Clarkson, J. (2005). Models of designing. In J. Clarkson & C. Eckert (Eds.), *Design process improvement. A review of current practice* (p. 34-59). London: Springer.
- Zimmermann, V. (2020). *KfW-Innovationsbericht Mittelstand 2019. Innovatorenquote sinkt auf 19 %* (KfW Bankengruppe, Hrsg.). Frankfurt am Main. Zugriff am 01.05.2020. Verfügbar unter: <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Innovationsbericht/KfW-Innovationsbericht-Mittelstand-2019.pdf>
- Zwicky, F. (1969). Discovery, Invention, Research, through the Morphological Approach. *Science*, 163(3873), p. 1317-1318. <https://doi.org/10.1126/science.163.3873.1317>

## **Studentische Abschlussarbeiten die im Kontext dieser Dissertation am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) vom Autor Co-betreut wurden:**

- Bruns, J. (2020). *Entwicklung eines Studiendesigns zur Durchführung von Support-, Application- und Success Evaluation im Live Lab IP - Integrierte Produktentwicklung anhand der Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung zur strategischen Potenzialfindung in der Potenzialfindungsphase*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Buchta, W. (2019). *Entwicklung einer Methode zur szenariobasierten Quantifizierung von Anforderungen an Produkte und Geschäftsmodelle am Beispiel ortsflexibler Ladestrukturen zur PV-basierten Ladung von Pedelecs*. Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Etri, M. (2020). *Untersuchung der Implikationen auf Strategie, Organisation und Prozess durch den Einsatz von Extended Reality Technologien in der Produktentwicklung*. Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.
- Finster, F. (2019). *Zukunftsorientierte PGE-Produktgenerationsentwicklung: Ein Ansatz zur szenariobusten, modularen Produkt- architekturentwicklung am Beispiel der Mammut Sports Group AG*. Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.
- Hu, B. (2019). *Erarbeitung und Validierung einer Methode für neue Technologien zur Ableitung einer Produkt-Roadmap unter Betrachtung der zukünftigen kun-*

- denspezifischen Anforderungen und gesetzlichen Randbedingungen am Beispiel der Lichtinszenierung.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Inceoglu, S. (2019). *Zukunftsorientierte Produktentwicklung durch strategische Potenzialfindung: Entwicklung eines Ansatzes zur Kopplung von systemübergreifenden Szenarien zur Identifikation zukünftiger Innovationspotentiale.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Krastev, D. (2019). *Entwurf und Implementierung eines Tools mit einem interaktiven Leitfaden zur Unterstützung der Systematik der zukunftsorientierten Produktentwicklung.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.
- Kühfuss, D. (2018). *Literatur- und Studienbasierte Erstellung eines Initial Reference Models zur Ableitung von Forschungsbedarfen aus dem Zusammenspiel von PGE-Produktgenerationsentwicklung und Vorausschau.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.
- Mertes, T. (2019). *KPI-gebundener Transformationsprozess vom Status Quo zur digitalisierten Fertigung mikrostrukturierter Reaktoren.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Orsolani Uhlig, E. (2019). *Strategische Potentialfindung zur generationsübergreifenden Produktentwicklung mit langfristigem Zeithorizont: Eine qualitative Studie im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.
- Stahl, S. (2019). *Zukunftsorientierte PGE-Produktgenerationsentwicklung: Ein Ansatz zur Steigerung der zukünftigen Nutzerakzeptanz durch Vorausschau in der Produktentwicklung am Beispiel des iPhone-Nutzerinterfaces und des Busfahrerarbeitsplatzes der KVV.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Stehle, S. (2019). *Entwicklung zukünftiger Mobilitätskonzepte und Fortbewegungsmittel für den urbanen Raum durch einen systematischen Ansatz der Vorausentwicklung in Kooperation mit der Robert Bosch GmbH.* Unveröffentlichte Bachelorarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.
- Thomas, J.-F. (2020). *Entwicklung von Alternativszenarien & Ableitung Agility Roadmap für die method. Anwendung Agiler Methoden 2025 am Bsp. der Daimler AG.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.
- Weber, F. (2020). *Produktportfolioentwicklung: Systematische Analyse der IST- und der SOLL-Situation zur Erstellung einer Produkt-Roadmap im Bereich der Lineartechnik am Beispiel von SEW-Eurodrive.* Unveröffentlichte Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie.

# Glossar

## Begriff

## Definition

### Relevanz ( $R_{i,j}$ )

Die Relevanz ( $R_{i,j}$ ) einer Produkteigenschaft beschreibt den Einfluss einer Eigenschaft auf die Kundenzufriedenheit in einem betrachteten Umfeld. Der Index  $i$  indiziert die Produkteigenschaft. Der Index  $j$  indiziert das betrachtete Umfeld.

### Standardabweichung der gewichteten Relevanz $sgR_i$

Die Standardabweichung der gewichteten Relevanz  $sgR_i$  einer Produkteigenschaft ist die Streuung der Relevanz einer Eigenschaft über alle betrachteten Umfelder. Diese liefert eine Aussage über die Ähnlichkeit der Relevanzbewertungen einer Produkteigenschaft über die betrachteten Umfelder.

### Umfeldspezifisches Inventionspotential ( $I_{i,j}$ )

Das umfeldspezifische Inventionspotential ( $I_{i,j}$ ) einer Produkteigenschaft ist der mögliche Umfang schöpferischer Leistung zur Realisierung einer Produkteigenschaft durch eine technische Neuerung in einem betrachteten Umfeld. Der Index  $i$  indiziert die Produkteigenschaft. Der Index  $j$  indiziert das betrachtete Umfeld.

### Gewichtetes Inventionspotential ( $gI_i$ )

Das gewichtete Inventionspotential ( $gI_i$ ) ist der mögliche Umfang schöpferischer Leistung zur Realisierung einer Produkteigenschaft durch eine technische Neuerung über die Gesamtheit der betrachteten Umfelder. Die Gewichtung erfolgt durch eine Bewertung der Eintrittserwartungen der betrachteten Umfelder.

**Standardabweichung des gewichteten, umfeldspezifischen Inventionspotentials (s<sub>gl</sub>)**

Die Standardabweichung des gewichteten, umfeldspezifischen Inventionspotentials (s<sub>gl</sub>) ist die Streuung des Inventionspotentials einer Produkteigenschaft über alle betrachteten und gewichteten Umfeldler. Diese liefert eine Aussage über die Ähnlichkeit der Inventionspotentialbewertungen einer Produkteigenschaft über die betrachteten Umfeldler.

**Vorausschau im Produktentstehungsprozess**

Vorausschau im Produktentstehungsprozess ist im Kontext dieser Arbeit ein systematisch-partizipatorischer Prozess mit dem Ziel den Produktentwickler beim frühzeitigen Identifizieren und Priorisieren von Entwicklungspotentialen durch Zukunftswissen zu unterstützen, um den Entwicklungsfokus auf Suchfelder mit hohem Innovationspotential zu richten und einen Entwicklungsvorsprung gegenüber dem Wettbewerb zu erzielen.