

Michael Schlegel

**Entwicklung einer Systematik zur
zukunftsrobusten Weiterentwicklung von
Produktportfolios auf Basis des Modells der
SGE - Systemgenerationsentwicklung**

Developing a systematic approach for future-robust
advancement of product portfolios based on the
model of SGE - System Generation Engineering

Band 203

Systeme ■ Methoden ■ Prozesse

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

Copyright IPEK - Institut für Produktentwicklung, 2026
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Die Universität in der Helmholtz-Gemeinschaft
Alle Rechte vorbehalten

ISSN 1615-8113

**Entwicklung einer Systematik zur zukunftsrobusten
Weiterentwicklung von Produktportfolios
auf Basis des Modells der
SGE – Systemgenerationsentwicklung**

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. Michael Schlegel

| | |
|-----------------------------|--|
| Tag der mündlichen Prüfung: | 27.05.2026 |
| Hauptreferent: | Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers |
| Korreferent: | Univ.-Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu |

Vorwort der Herausgeber

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

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

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

Albert Albers und Sven Matthiesen

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

Vorwort zu Band 203

Unter Produktentstehung versteht man das aufeinander abgestimmte Zusammenwirken der drei Kernprozesse in der Leistungserstellung von Unternehmen, nämlich der Produktplanung, der Produktentwicklung und der Produktionssystementwicklung, ergänzt dann um die eigentliche Produktion. Dieses Verständnis liegt auch der *KaSPro - Karlsruher Schule für Produktentwicklung* zugrunde. In diesem Zusammenwirken entsteht ein hoch komplexes, soziotechnisches System zur Hervorbringung von Produktlösungen mit einem hohen Innovationspotenzial, die dann die zukünftigen Erträge des Unternehmens sichern. Unter den heute herrschenden Bedingungen ausgeprägter Käufermärkte steigen die Ziele und Anforderungen an die Prozesse der Produktentstehung im Unternehmen stetig an. Dies gilt nicht mehr nur für das einzelne Produkt, sondern in besonderer Weise auch für die Entwicklung und Weiterentwicklung ganzer Produktportfolios. Mit der fortschreitenden Digitalisierung und dem Übergang von mechatronischen Produkten hin zu cyberphysischen Systemen, die aktuell ausgeprägt zu beobachten ist, verschärfen sich diese Herausforderungen nochmals deutlich. Der Weg hin zu den cyberphysischen Systemen und Lösungen führt zu einer breiten Nutzung des Internets für die Vernetzung, sowohl der Produkte selbst, als auch bei den Prozessen in der Beschaffung, Fertigung, der Wartung, der Lieferung und der Nutzung. Durch diesen Trend ergeben sich in der Gestaltung von Produkten und Systemlösungen natürlich vielfältige neue Möglichkeiten, die es gilt, in die Prozesse der Produktentstehung ganzheitlich zu integrieren. Erforderlich ist dabei eine disziplinenübergreifende Vernetzung um die gesteigerte Interdisziplinarität zwischen den Domänen der Mechanik, der Elektrotechnik und der Informatik in den Produktlösungen und in den Prozessen zu ihrer Erzeugung zu managen. Die neuen vielfältigen Möglichkeiten der Digitalisierung beeinflussen natürlich auch das Produktportfolio-Management. Hier sind nicht mehr nur einzelne Varianten oder Baureihen zu betrachten, sondern gekoppelte Entwicklungen von Hardware, Software und Daten-Services, um so eine attraktive Palette von Produktlösungen in dem jeweiligen Marktsegment darstellen zu können. Neuere Arbeiten zum Produktportfolio-Management zeigen, dass die Einflussfaktoren aus der Digitalisierung die Bewertung und Gestaltung von Produktportfolios spürbar verändern und zu neuen, bislang nur unzureichend beherrschten Herausforderungen führen.

Gerade vor diesem Hintergrund kommt dem Modell der *SGE – Systemgenerationsentwicklung* nach ALBERS eine besondere Bedeutung zu. Die Stärke dieses Modells liegt darin, Entwicklungen nicht als isolierten Neuanfang, sondern als referenz- und generationsbasierte Entwicklung zu verstehen. Die Kernhypothese des SGE besagt dabei, dass alle Arten von Systemen – sowohl physische Produkte als auch z. B. komplexe Software-Lösungen – immer auf der Basis von Referenzen gestaltet werden können. Dabei nutzt die SGE ein grundlegendes mathematisches Modell, bei der die Menge der zusammengestellten Referenzsystemelemente über drei Variationsoperatoren

– die Prinzipvariation, die Ausprägungsvariation und die Übernahmevariation – in die Lösungsmenge der neu zu entwickelnden Systemgeneration überführt wird. Es wird ganz bewusst das Konzept der Generationen aufgegriffen, das die praktische Systementwicklung in den Unternehmen schon immer prägt. Die SGE ist damit auch geeignet, das Portfolio-Management zu unterstützen. Wo Portfolios nicht mehr als lose Menge einzelner Produkte, sondern als zusammenhängende, sich über mehrere Generationen entwickelnde Systemlandschaften verstanden werden müssen, bedarf es eines Modells, das Gemeinsamkeiten, Unterschiede, Abhängigkeiten und Veränderungslogiken methodisch sauber erfassen kann. Dabei kann auch die Sicht des Productline-Engineering integriert werden, wo das Portfolio als „a single entity to be managed“ verstanden wird und nicht als bloße Vielzahl separater Einzelprodukte. Die SGE bietet hierfür einen besonders tragfähigen Ordnungsrahmen, weil sie sowohl die evolutionäre Entwicklung unterschiedlichster Systeme als auch die strukturierte Beschreibung von kompletten neuen Entwicklungen von Produkten und Portfolios in einem konsistenten Modellverständnis zusammenführt. Damit entsteht eine belastbare theoretische Grundlage, um die komplexen Herausforderungen der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios wissenschaftlich systematisch zu analysieren und methodisch zu unterstützen.

Vor diesem Hintergrund setzt die Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Michael Schlegel an. Er untersucht in seiner Arbeit, die sowohl wissenschaftlich als auch praktisch hoch relevante Frage, wie Produktportfolios auf Basis des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung systematisch, ganzheitlich und zukunftsrobust weiterentwickelt werden können.

Mai, 2026

Albert Albers

Kurzfassung

Die Weiterentwicklung des Produktportfolios durch neue Produkte mit hohem Innovationspotenzial ist eine Schlüsselaktivität für Unternehmen, um langfristig erfolgreich zu sein. Die vorliegende Arbeit soll daher Entwickelnde dabei unterstützen, ihr Produktportfolio in einem volatilen Umfeld unter dem Einwirken verschiedener Einflüsse zukunftsrobust weiterzuentwickeln. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios, bestehend aus einem Beschreibungs- und Vorgehensmodell.

Um einen Unterstützungsansatz zu entwickeln, wird zunächst die Weiterentwicklung von Produktportfolios untersucht. Durch eine erste Interviewstudie werden Herausforderungen und Handlungsfelder aus Sicht der Unternehmenspraxis identifiziert. Über eine systematische Literaturrecherche wird in den Bereichen der strategischen Produktplanung, des Produktportfoliomanagements sowie der referenzenbasierten Entwicklung nach bestehenden Ansätzen und Herausforderungen aus der Theorie gesucht. Es wird eine Ontologie als sprachliche Basis für die Systematik erarbeitet und der Ablauf der Weiterentwicklung von Produktportfolios in Unternehmen in einer zweiten Interviewstudie tiefer analysiert.

Aufbauend auf der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios wird über fünf Studien hinweg ein Beschreibungsmodell auf Grundlage der SGE - Systemgenerationsentwicklung nach ALBERS erarbeitet, um die Modellierung des Produktportfolios zu unterstützen. Das Beschreibungsmodell wird dabei in Live-Labs sowie einer retrospektiven Fallstudie initial validiert. Parallel wird ein initiales Vorgehensmodell aufgebaut, welches auf Erkenntnissen begleitender Validierungsaktivitäten aufbauend erweitert wird. Die Systematik wird in einem Workshopformat im Live-Lab IP - Integrierte Produktentwicklung über zwei Jahrgänge angewandt und weiterentwickelt.

Die Systematik wird zur Evaluation in zwei Fallstudien mit Unternehmen angewandt und im Hinblick auf die Anwendbarkeit, das Unterstützungspotenzial sowie einen zu erwartenden Mehrwert untersucht. In einer ersten Studie wird die Systematik mit unternehmensbezogenen Ergebnissen mit zwei Mitarbeitenden des Unternehmens in einer Interviewstudie evaluiert. In einer zweiten Fallstudie wird die Systematik über einen Zeitraum von sechs Monaten im Unternehmen angewandt. Um den Transfer der Systematik in weitere Unternehmen zu unterstützen, wird ein Transferansatz entwickelt und die Systematik initial in zwei weitere Unternehmen transferiert und angewandt. Die Fallstudien zeigen die Anwendbarkeit der Systematik im Unternehmenskontext. Die Evaluationsergebnisse zeigen Tendenzen, welche auf eine Unterstützungsleistung und einen zu erwartenden Mehrwert in der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios hindeuten.

Abstract

The advancement of the product portfolio through new products with high innovation potential is a key activity for companies to be successful in the long term. This thesis, therefore, aims to support developers in advancing their product portfolios in a volatile environment, influenced by various factors in a future-robust manner. The goal of this thesis is to develop a systematic approach for the future-robust advancement of product portfolios consisting of a descriptive and process model.

To develop a supportive approach, the advancement of product portfolios is examined first. An initial interview study identifies challenges and areas for action from corporate practice. A systematic literature review is conducted to identify existing approaches and challenges from theory in the areas of strategic product planning, product portfolio management, and reference-based development. An ontology is developed as a linguistic basis for the systematic approach, and the process of advancement in corporate practice is analyzed in deeper detail in a second interview study.

Based on the analysis of the advancement of product portfolios, a descriptive model based on the model of SGE - System Generation Engineering according to ALBERS will be developed across five studies to support product portfolio modeling. The descriptive model will be initially validated in live labs and a retrospective case study. At the same time, an initial process model will be developed, which will be expanded based on findings from accompanying validation activities to support the advancement process. To be able to apply the systematic approach in a live lab, a workshop concept will be developed, applied, and refined in the IP - Integrated Product Development live lab over two years.

The systematic approach is applied in two case studies with companies for evaluation purposes and examined with regard to its applicability, support potential, and expected added value. The systematic approach is evaluated with company-related results in an interview study with two employees of the company. In a second case study, the systematic approach is applied in a company over a period of six months. To support the transfer of the systematic approach to other companies, a transfer method is developed, and the systematic approach is initially transferred to and applied in two other companies. The case studies demonstrate the applicability of the systematic approach in a corporate environment. The evaluation results show tendencies that indicate performance support and expected added value in the future-robust advancement of product portfolios.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Ich möchte mich hiermit bei allen Personen bedanken, welche mich auf diesem Weg begleitet und unterstützt haben.

Zunächst möchte ich im Besonderen meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers danken, der mich während meiner Zeit am Institut und durch den Promotionsprozess mit stetigem Vertrauen, Offenheit für Diskussionen und seiner kontinuierlichen Unterstützung begleitet hat. Durch die Anregungen sowohl in zahlreichen wissenschaftlichen Gesprächen als auch im Institutsalltag wurden wertvolle Impulse gesetzt, welche entscheidend zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen haben. Bei Univ.-Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu bedanke ich mich für die spannenden Gespräche und Diskussionen innerhalb von zwei gemeinsamen DFG-Projekten sowie die Übernahme des Korreferats.

Beim gesamten IPEK-Team bedanke ich mich für die familiäre und motivierende Atmosphäre und Zusammenarbeit. Besonders für die Unterstützung bei der persönlichen und fachlichen Weiterentwicklung in meiner Zeit am IPEK möchte ich mich bei Dr.-Ing. Simon Rapp und Dr.-Ing. Christoph Kempf bedanken. Darüber hinaus möchte ich mich bei Felix Pfaff, Carsten Thümmel und Johannes Müller für die zahlreichen Anmerkungen, Hinweise und wertvollen Impulse während der Erarbeitung und Finalisierung der Forschungsinhalte bedanken. Ein besonderer Dank gilt ebenfalls Herrn Dr.-Ing. Christian Koldewey und Frau Ingrid Wiederkehr von Seiten des Heinz-Nixdorf-Instituts für die zahlreichen anregenden Diskussionen und wertvollen Impulse aus der strategischen Produktplanung.

Zudem gilt mein Dank allen Studierenden, welche im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten einen wertvollen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet haben. Besonders hervorheben möchte ich hierbei Frau Emily Pommerer, Herrn Moritz Müller, Herrn Arun Modhvia und Herrn Markus Just.

Ebenfalls gilt ein großer Dank meinen Freunden, die mich in dieser herausfordernden Zeit unterstützt haben und trotz Vernachlässigung stets an meiner Seite geblieben sind. Neben dem nötigen Rückhalt haben sie mir auch die nötige Ablenkung vom oftmals stressigen Alltag geschenkt. Ebenso danke ich meiner Familie, deren bedingungslose Unterstützung und Vertrauen mir während der gesamten Promotion Kraft und Halt gegeben haben. Ohne eure Unterstützung wäre es nicht möglich gewesen, diesen Meilenstein zu erreichen.

- Danke -

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|--------------|
| Kurzfassung | i |
| Abstract | iii |
| Abbildungsverzeichnis | xiii |
| Tabellenverzeichnis | xxvii |
| Abkürzungsverzeichnis | xxix |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Motivation..... | 1 |
| 1.2 Fokus der Arbeit..... | 3 |
| 1.3 Aufbau der Arbeit | 4 |
| 2 Grundlagen und Stand der Forschung | 7 |
| 2.1 Innovation im Kontext der Produktentstehung | 7 |
| 2.1.1 Innovationsverständnis nach Albers | 9 |
| 2.1.2 Produktprofil | 10 |
| 2.1.3 Lebenszyklus..... | 13 |
| 2.1.4 Frühe Phase..... | 14 |
| 2.1.5 Zwischenfazit..... | 15 |
| 2.2 Prozesse und Vorgehen zur Weiterentwicklung von Produkten..... | 16 |
| 2.2.1 Problemverständnis in der Produktentstehung | 16 |
| 2.2.2 Iterationen | 17 |
| 2.2.3 SPALTEN | 18 |
| 2.2.4 ZHO – Modell und iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell | 19 |
| 2.2.5 Das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen..... | 21 |
| 2.2.6 Formen und Verständnis zukunftsgerichteter Produktentwicklung. | 25 |
| 2.2.7 Ansätze zukunftsgerichteter Produktentwicklung..... | 30 |
| 2.2.7.1 Überführen von Szenarien in Produktprofile | 30 |
| 2.2.7.2 Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung | 31 |
| 2.2.8 Zwischenfazit..... | 33 |
| 2.3 Beschreibung der Weiterentwicklung von Produkten..... | 35 |
| 2.3.1 Modelltheorie | 35 |
| 2.3.2 Systemtheorie..... | 36 |
| 2.3.3 Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung | 37 |
| 2.3.4 Modellieren von Eigenschaften und Funktionen | 43 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.3.5 | Zwischenfazit | 44 |
| 2.4 | Betrachtung mehrerer Produkte in einem Produktportfolio | 45 |
| 2.4.1 | Begriffsverständnis Produktportfolio | 45 |
| 2.4.2 | Studien zur Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios | 49 |
| 2.4.3 | Ansätze zur Beschreibung und Modellierung von Produktportfolios | 57 |
| 2.4.4 | Metrikfokussierte Optimierungsansätze | 61 |
| 2.4.5 | Ansätze zur Weiterentwicklung von Produktportfolios | 64 |
| 2.4.6 | Zwischenfazit | 74 |
| 2.5 | Gesamtfazit zu den Grundlagen und dem Stand der Forschung | 76 |
| 3 | Forschungsbedarf und Zielsetzung | 79 |
| 3.1 | Forschungsbedarf | 79 |
| 3.2 | Zielsetzung | 81 |
| 3.3 | Grundannahme und Forschungshypothesen | 82 |
| 3.4 | Forschungsfragen | 82 |
| 4 | Forschungsmethodik | 85 |
| 4.1 | DRM – Design Research Methodology | 85 |
| 4.2 | Forschungsdesign nach Marxen und Albers (2012) | 88 |
| 4.3 | Adaptiertes Vorgehen im Rahmen der Arbeit | 89 |
| 4.4 | Überblick über die verwendeten Forschungsmethoden in der Struktur der Arbeit | 91 |
| 4.5 | Forschungsumgebung | 92 |
| 4.5.1 | IP- integrierte Produktentwicklung | 93 |
| 4.5.2 | ProVIL - Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor | 93 |
| 4.5.3 | MKL-IV – Maschinenkonstruktionslehre IV | 94 |
| 4.5.4 | DFG Projekt - Zukunftsrobuste Produktentwicklung | 94 |
| 5 | Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios | 95 |
| 5.1 | Interviewstudie I – Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios, grundlegende Vorgehensweise und aktuelle Herausforderungen | 97 |
| 5.1.1 | Methodisches Vorgehen | 97 |
| 5.1.2 | Ergebnisse der Studie – Auswertung (A) | 101 |
| 5.1.2.1 | Strukturierung des Produktportfolios | 101 |
| 5.1.2.2 | Weiterentwicklung des Produktportfolios | 102 |
| 5.1.2.3 | Aufgabenschwerpunkte bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios | 104 |
| 5.1.2.4 | Entwicklung in Produktgenerationen | 106 |
| 5.1.3 | Ergebnisse der Studie – Auswertung (B) | 107 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.1.3.1 | Thema 1: Auslöser für die Weiterentwicklung des Produktportfolios..... | 107 |
| 5.1.3.2 | Thema 2: Prozess der Weiterentwicklung des Produktportfolios | 108 |
| 5.1.3.3 | Thema 3: Entwicklung auf den Ebenen des Produktportfolios . | 110 |
| 5.1.3.4 | Thema 4: Management von Herausforderungen bei der Entwicklung des Produktportfolios | 111 |
| 5.1.4 | Diskussion und Zwischenfazit – zur Interviewstudie I | 114 |
| 5.2 | Systematische Literaturanalyse zu bestehenden Ansätzen bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios | 118 |
| 5.2.1 | Methodisches Vorgehen | 119 |
| 5.2.2 | Ergebnis der systematischen Literaturrecherche | 121 |
| 5.2.2.1 | Struktur des Produktportfolios (I) | 124 |
| 5.2.2.2 | Auslösende Kräfte für die Weiterentwicklung des Produktportfolios (II) | 124 |
| 5.2.2.3 | Prozess der Produktportfolioentwicklung (III)..... | 125 |
| 5.2.2.4 | Interne und externe Herausforderungen (IV) | 126 |
| 5.2.2.5 | Strategien zur Bewältigung von Herausforderungen (V) | 128 |
| 5.2.3 | Zwischenfazit zur Systematischen Literaturrecherche | 129 |
| 5.3 | Ontologie für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios | 130 |
| 5.3.1 | Vorgehen zur Ontologie Erstellung | 130 |
| 5.3.2 | Identifikation häufiger Begriffe mittels Data Mining | 132 |
| 5.3.3 | Gemeinsame Ontologie | 133 |
| 5.3.4 | Zwischenfazit zur Ontologie..... | 138 |
| 5.4 | Interviewstudie II – Vertiefende Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Unternehmenspraxis | 139 |
| 5.4.1 | Methodisches Vorgehen | 139 |
| 5.4.2 | Ergebnisse..... | 143 |
| 5.4.3 | Zwischenfazit zur Interviewstudie II | 148 |
| 5.5 | Fazit zur Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios | 151 |
| 6 | Erarbeitung eines Beschreibungsmodells zur Weiterentwicklung von Produktportfolios..... | 153 |
| 6.1 | Initiale Erstellung des Beschreibungsmodells..... | 153 |
| 6.1.1 | Vorgehen..... | 154 |
| 6.1.2 | Ziele und Anforderungen an ein Beschreibungsmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios | 155 |
| 6.1.3 | Entwurf eines deskriptiven Modells für die Entwicklung des Produktportfolios..... | 158 |
| 6.1.4 | Evaluation des deskriptiven Modells..... | 161 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.1.5 | Zwischenfazit | 163 |
| 6.2 | Erweiterung des Beschreibungsmodells um ebenenspezifische Produktprofile..... | 164 |
| 6.2.1 | Vorgehen | 164 |
| 6.2.2 | Ergebnisse aus der Untersuchung des initialen Beschreibungsmodells (DS I)..... | 165 |
| 6.2.3 | Erweiterung des Beschreibungsmodells | 166 |
| 6.2.4 | Evaluation der Beschreibungsmodellerweiterung..... | 169 |
| 6.2.5 | Zwischenfazit | 171 |
| 6.3 | Erweiterung des Beschreibungsmodells um Einflussprofile | 172 |
| 6.3.1 | Vorgehen zur Erweiterung des Beschreibungsmodells | 172 |
| 6.3.2 | Beschreiben von Einflüssen auf das Produktportfolio..... | 173 |
| 6.3.3 | Vorgehen zur Beschreibung der Auslöser | 179 |
| 6.3.4 | Zwischenfazit | 181 |
| 6.4 | Retrospektive Modellierung zur Evaluation des Beschreibungsmodells.... | 182 |
| 6.4.1 | Vorgehen | 182 |
| 6.4.2 | Ergebnisse aus der Modellierung | 182 |
| 6.4.3 | Zwischenfazit | 186 |
| 6.5 | Anwendung des Beschreibungsmodells in der Maschinenkonstruktionslehre IV | 187 |
| 6.5.1 | Vorgehen zur Durchführung der Evaluation | 187 |
| 6.5.2 | Anforderungen und Randbedingungen an ein Workshopkonzept | 188 |
| 6.5.3 | Gestaltung des Workshopkonzeptes..... | 189 |
| 6.5.4 | Ergebnisse aus der Durchführung des Workshopkonzeptes ... | 190 |
| 6.5.5 | Zwischenfazit | 193 |
| 6.6 | Fazit zur Erarbeitung des Beschreibungsmodells zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios | 194 |

**7 Entwicklung eines Vorgehensmodell zur Weiterentwicklung von
Produktportfolios** **195**

| | | |
|---------|--|-----|
| 7.1 | Erarbeitung eines initialen Vorgehensmodells | 195 |
| 7.1.1 | Vorgehen | 196 |
| 7.1.2 | Anforderungen an ein Vorgehensmodell | 197 |
| 7.1.3 | Erarbeitung des initialen Vorgehensmodells | 200 |
| 7.1.3.1 | Initiale Phase | 201 |
| 7.1.3.2 | Ist-, Soll- und Delta-Phase | 203 |
| 7.1.3.3 | Lösungsauswahl und initiale Roadmap | 205 |
| 7.1.4 | Initiale Validierung des Leitfadens..... | 207 |
| 7.1.5 | Zwischenfazit | 209 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 7.2 | Erweiterung der initialen Phase im Vorgehensmodell..... | 210 |
| 7.2.1 | Vorgehen..... | 210 |
| 7.2.2 | Anforderungen an die Erweiterung des Vorgehensmodells | 210 |
| 7.2.3 | Erweiterung des Leitfadens | 211 |
| 7.2.4 | Zwischenfazit..... | 212 |
| 7.3 | Erweiterung der Ist-, Soll-, und Delta-Phase..... | 213 |
| 7.3.1 | Vorgehen..... | 213 |
| 7.3.2 | Ergebnis | 213 |
| 7.3.3 | Zwischenfazit..... | 215 |
| 7.4 | Erweiterung um Workshopkonzept und Anwendung im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung | 216 |
| 7.4.1 | Vorgehen..... | 216 |
| 7.4.2 | Erarbeitung eines Workshopkonzeptes | 217 |
| 7.4.3 | Anwendung des Workshopkonzeptes..... | 220 |
| 7.4.4 | Diskussion der Evaluationsergebnisse | 221 |
| 7.4.5 | Zwischenfazit..... | 224 |
| 7.5 | Erweiterung des Workshopkonzepts und zweite Anwendung im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung | 225 |
| 7.5.1 | Vorgehen..... | 225 |
| 7.5.2 | Überarbeitetes Workshopkonzept..... | 226 |
| 7.5.3 | Evaluation des Workshops | 230 |
| 7.5.4 | Zwischenfazit..... | 232 |
| 7.6 | Fazit zur Erarbeitung eines Vorgehensmodells zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios | 233 |
| 8 | Anwendung der Systematik im Unternehmenskontext..... | 235 |
| 8.1 | Anwendung der Systematik mit der Witzenmann GmbH | 236 |
| 8.1.1 | Vorgehen zur Anwendung mit der Witzenmann GmbH..... | 236 |
| 8.1.2 | Ergebnis aus der Anwendung mit der Witzenmann GmbH | 238 |
| 8.1.3 | Zwischenfazit..... | 242 |
| 8.2 | Anwendung der Systematik bei Henke-Sass, Wolf GmbH..... | 243 |
| 8.2.1 | Vorgehen zur Anwendung bei der Henke-Sass, Wolf GmbH..... | 243 |
| 8.2.2 | Ergebnis der Anwendung bei der Henke-Sass, Wolf GmbH..... | 243 |
| 8.2.3 | Zwischenfazit..... | 250 |
| 8.3 | Transfer der Systematik in die Unternehmensanwendung | 251 |
| 8.3.1 | Vorgehen zur Erarbeitung des Transferansatzes..... | 251 |
| 8.3.2 | Ergebnisse aus dem Transfer der Systematik | 253 |
| 8.3.3 | Zwischenfazit..... | 256 |
| 8.4 | Fazit zur Anwendung der Systematik im Unternehmenskontext | 257 |
| 9 | Zusammenfassung und Ausblick..... | 259 |
| 9.1 | Zusammenfassung und Gesamtfazit | 259 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 9.2 | Ausblick | 275 |
| 9.2.1 | Entwicklung eines Schulungskonzepts zur Vermittlung der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios | 275 |
| 9.2.2 | Erweiterung um eine Software-Anwendung | 276 |
| 9.2.3 | Erweiterte Anwendung in Unternehmen | 276 |
| 9.2.4 | Untersuchung des Transfers von Entwicklungsmethoden in die Unternehmenspraxis | 277 |
| 9.2.5 | Generationsübergreifende Weiterentwicklung von zirkulären Produkten in vernetzten Produktportfolios | 277 |
| 9.2.6 | Durchgängige Zielsystembildung in der generationsübergreifenden Entwicklung von Produktportfolios | 278 |

Literaturverzeichnis I

Studentische Abschlussarbeiten die im Kontext dieser Dissertation am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) vom Autor Co-betreut wurden:XXXV

Veröffentlichungen, die unter Mitautorenschaft des Autors dieser Forschungsarbeit entstanden sind:.....XXXIX

Anhang A XLV
 Weitere Ansätze aus der systematischen Literaturrecherche (Kapitel 5.2) ...XLV

Anhang B LI
 Interviewleitfaden der Interviewstudie I (Kapitel 5.1)..... LI

Anhang C LIII
 Interviewleitfaden der Interviewstudie II (Kapitel 5.4)..... LIII

Anhang DLVII
 Hintergrundinformationen zu Anforderungen auf das Beschreibungsmodell LVII
 Darstellung der ebenenspezifischen Produktprofile (Kapitel 6.3)..... LIX
 Aufgabenstellung zur Evaluationsaufgabe in der MKL-IV (Kapitel 6.5)..... LXI
 Aussagen der Teilnehmenden aus der Testgruppe zur Evaluation..... LXII

Anhang ELXIII
 Erfolgsfaktoren für den Transfer (Kapitel 8.3)..... LXIII
 Ergebnisse aus den Schritten zum Transfer der Systematik- Phase 1 und Phase 2 (Vgl. Kapitel 8.3)LXV

Abbildungsverzeichnis

| | |
|----------------|--|
| Abbildung 1.1: | Fokus der vorliegenden Arbeit sowie Forschungsfelder, auf welchen aufgebaut bzw. zu welchen ein Beitrag geleistet wird..3 |
| Abbildung 1.2: | Übersicht über den Aufbau der vorliegenden Arbeit.6 |
| Abbildung 2.1: | Nach dem Innovationsverständnis nach Albers setzt sich eine Innovation aus der Kombination von Produktprofil, Invention und Markteinführung zusammen (Albers, Heimicke et al., 2018). Abbildung übersetzt nach Albers und Heimicke et al. (2018).....9 |
| Abbildung 2.2: | Modellierung des Produktprofils am Beispiel des Zweimassenschwungrades im Produktprofilschema nach Albers und Heimicke et al. (2018). Zentrale Elemente sind neben dem Produktprofilclaim, welcher den Zweck des Produktes lösungsoffen wiedergibt, die Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen des angestrebten Produktes.11 |
| Abbildung 2.3: | Das Kano Modell zeigt, welchen Beitrag Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen an die Kundenzufriedenheit liefern. Anforderungen an einzelne Produktgenerationen (G _i) migrieren über Generationen hinweg von Begeisterungs- zu Basisanforderungen. (Albers et al., 2015; Bailom, Hinterhuber, Matzler & Sauerwein, 1996; Kano et al., 1984)13 |
| Abbildung 2.4: | Lebenszyklen von Produktgenerationen nach Wesner (1977). Darstellung nach Albers et al. (2015).14 |
| Abbildung 2.5: | Verschiedene Sichtweisen auf Iterationen in der Produktentwicklung (Wynn et al., 2007). Abbildung nach Bursac (2016).....17 |
| Abbildung 2.6: | Die Problemlösungsmethodik SPALTEN beginnt stets mit der Zusammenstellung des Problemlösungsteams, daraufhin werden die Schritte des Akronyms durchlaufen (Albers et al., 2002). Darstellung nach Albers, Reiss, Bursac und Breitschuh (2016).....18 |
| Abbildung 2.7: | Das ZHO-Modell zeigt die iterative Weiterentwicklung des Ziel- und Objektsystems durch das Handlungssystem (Albers, Lohmeyer & Ebel, 2011). Abbildung adaptiert nach Lohmeyer (2013).....19 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| Abbildung 2.8: | iPeM - integriertes Produktentstehungsmodell nach Albers und Meboldt (2007), Darstellung nach Albers, Reiss, Bursac und Richter (2016)..... | 20 |
| Abbildung 2.9: | Das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen mit jeweils angedeuteten Entwicklungszyklen (Gausemeier et al., 2019). | 21 |
| Abbildung 2.10: | Der Entwicklungsauftrag als zentrales Ergebnis der strategischen Produktplanung (Wiederkehr et al., 2014). | 23 |
| Abbildung 2.11: | Verschiedene Ausrichtungen zukunftsbezogener Produktentwicklung am Beispiel von sechs fiktiven Zukunftsszenarien. Die getroffene Definition ist analog auf Trends und Prognosen anzuwenden. Die Szenarien in der Abbildung stellen mögliche alternative Zukünfte dar. | 28 |
| Abbildung 2.12: | Das Vorgehensmodell zur zukunftsorientierten Produktprofilentwicklung und Bewertung umfasst drei Schritte. Abbildung adaptiert nach Hirschter et al. (2018). | 30 |
| Abbildung 2.13: | Eine Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung (Albers, Marthaler et al., 2022). | 32 |
| Abbildung 2.14: | Das Reduktionsdilemma entsteht, wenn zu unterschiedlichen Zwecken Modelle abgeleitet werden, welche nicht zueinander konsistent bleiben (Stachowiak, 1973). Abbildung in Anlehnung an Bursac (2016). | 36 |
| Abbildung 2.15: | Konzepte der Systemtheorie nach Ropohl (2009). | 37 |
| Abbildung 2.16: | Das Referenzsystem stellt das zentrale Modellelement des Modells der SGE dar, welches einzelne Teilsysteme aus Referenzen, wie bestehenden Systemen und Produkten, als Elemente aufgreift, deren Wechselwirkung modelliert und die Entwicklungsaktivität mittels der Variationsoperatoren auf die zu entwickelnde Systemgeneration abbildet. Abbildung adaptiert nach Albers et al. (2019)..... | 38 |
| Abbildung 2.17: | Die drei Variationsarten am Beispiel einer Smart Home Brandmeldeanlage. Abbildung in Anlehnung an Albers und Rapp (2022)..... | 39 |
| Abbildung 2.18: | Entwicklungsgenerationen einer Thermosimulation für elektrisch-hydraulische Aktuatoren adaptiert nach Knecht, Schlegel, Kempf und Albers (2024). | 41 |
| Abbildung 2.19: | Das Risikoportfolio basierend auf dem Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung am Beispiel des ZMS – | |

| | | |
|-----------------|---|----|
| | Zweimassenschwungrades. Abbildung adaptiert nach Albers und Rapp et al. (2017)..... | 42 |
| Abbildung 2.20: | Das Referenzproduktmodell nach Albers et al. (2020) untergliedert ein System mithilfe von drei Systemsichten sowie mehreren Systemebenen. Abbildung übersetzt nach Albers et al. (2020)..... | 43 |
| Abbildung 2.21: | Übersicht über verschiedene Formen von Portfolios (Wendt, 2013). Abbildung adaptiert nach Wendt (2013). | 46 |
| Abbildung 2.22: | Produktportfolioplanung und -management als Verbindungsglied zwischen Unternehmensstrategie und Produktentwicklung (vgl. Kreimeyer et al., 2021)..... | 48 |
| Abbildung 2.23: | Schwerpunkt aktueller Ansätze zum Portfoliomanagement in der Literatur nach Tolonen et al. (2015). Abbildung adaptiert nach Tolonen et al. (2015). | 50 |
| Abbildung 2.24: | Klassifikation von Projekten eines Projektportfolios in fünf Gruppen von Projekttypen. Mit steigender Produkt- und Prozessveränderung steigt ebenfalls der Ressourcenaufwand. (Wheelwright, S. C., and K. B. Clark, 1992) | 52 |
| Abbildung 2.25: | Einfluss von Steuerungselementen des Produktmanagements auf die Leistung und Innovationsfähigkeit eines Unternehmens (Urhahn & Spieth, 2013). Abbildung adaptiert nach Urhahn und Spieth (2013)..... | 53 |
| Abbildung 2.26: | Schematische Darstellung der Entscheidungsfindung im Weiterentwicklungsprozess des Produktportfolios (Jugend et al., 2015). Abbildung adaptiert nach Jugend et al. (2015). | 54 |
| Abbildung 2.27: | Darstellung der Auswirkungen und Ursachen von Managerdispositionen auf die Unternehmensleistung nach McNally et al. (2013). NPD – New Product Development und NPPD – New Product Portfolio Development. Abbildung adaptiert nach McNally et al. (2013). | 55 |
| Abbildung 2.28: | Die Beschreibung des Produktportfolios unterteilt sich auf Seite der Marktwahrnehmung in Linien-, Familien und Variantenebene (Krause & Gebhardt, 2018) sowie auf Entwicklungsseite in die Baugruppen der Produktarchitektur (Hannila, Koskinen et al., 2020). Abbildung adaptiert nach Hannila und Koskinen et al. (2020). | 58 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| Abbildung 2.29: | Vereinfachte Visualisierung des Produktportfolios für die Masten und Portale für Straßenschilder. Abbildung adaptiert nach Ulonska und Welo (2016)..... | 59 |
| Abbildung 2.30: | Visualisierung des Produktportfolios (Jonas & Krause, 2011). | 60 |
| Abbildung 2.31: | Vorgehensweise des Ansatzes zur Identifizierung von Produktchancen (Seo et al., 2016). Abbildung adaptiert nach Seo et al. (2016)..... | 63 |
| Abbildung 2.32: | Ansatz zur Visualisierung der Portfoliogröße und -erneuerung in den Lebenszyklusdimension. Die Beantwortung zweier Kernfragen soll mit der Darstellung unterstützt werden: (I) Wie viele Produkte müssen wir in jeder Phase verwalten? (II) Wie viele Produkte müssen wir in jeder Phase in der Zukunft verwalten? Abbildung adaptiert nach Lahtinen et al. (2021).... | 64 |
| Abbildung 2.33: | Prozessvorschlag für das Produktportfoliomanagement (PPM) nach Tolonen et al. (2015). Der Prozess wird iterativ durchlaufen und die Elemente im Prozess werden bei Bedarf aktualisiert. Darstellung adaptiert nach Tolonen et al. (2015). | 65 |
| Abbildung 2.34: | Entscheidung auf Basis des „Expected Commercial Value“ (ECV) = (Reward x Probability) – Cost, links einstufig, rechts mehrstufig über den Entwicklungsprozess (Cooper & Sommer, 2020). Darstellung adaptiert nach Cooper und Sommer (2020). | 67 |
| Abbildung 2.35: | Vorgehensweise zur Digitalisierung von Produktportfolios (Echterfeld & Gausemeier, 2018). Darstellung adaptiert nach Echterfeld und Gausemeier (2018)..... | 68 |
| Abbildung 2.36: | Vorgehensmodell zur Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung von variantenreichen Produktprogrammen (Dülme & Lehner, 2017). Darstellung in Anlehnung an Dülme (2018)..... | 70 |
| Abbildung 2.37: | Vorgehen der Methode zu Planung und Monitoring eines zukunftsfähigen Produktportfolios (Söllner, 2016). Darstellung zusammengeführt nach Söllner (2016)..... | 72 |
| Abbildung 4.1: | Die DRM – Design Research Methodology gliedert sich in vier Phasen, welche iterativ und bei Bedarf parallelisiert durchlaufen werden können. (Blessing & Chakrabarti, 2009)..... | 86 |
| Abbildung 4.2: | Zuordnung der Forschungsfragen in die übergreifenden Stadien der DRM. Im Bereich der präskriptiven Studie teilen sich die | |

| | | |
|----------------|--|-----|
| | Forschungsfragen im Hinblick auf die Beschreibung sowie das Vorgehen der Weiterentwicklung auf..... | 87 |
| Abbildung 4.3: | Forschungsmethodischer Ansatz zur Entwicklung von Unterstützungsansätzen in der Produktentwicklung nach Marxen und Albers (2012). Abbildung adaptiert nach Marxen und Albers (2012)..... | 89 |
| Abbildung 4.4: | Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an die Stadien der Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009). Der Bezug zu den iterativen Phasen nach Marxen und Albers (2012) ist durch die Kürzel M1 – M5 für die jeweiligen Phasen vgl. Abbildung 4.3 angedeutet. | 90 |
| Abbildung 4.5: | Überblick der in den Stadien der Arbeit verwendeten Forschungsmethoden..... | 91 |
| Abbildung 4.6: | Ablauf des Live-Labs IP – integrierte Produktentwicklung. Abbildung übersetzt nach Albers (2025)..... | 93 |
| Abbildung 5.1: | Übersicht über die Teilkapitel innerhalb der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios (Kapitel 5)..... | 96 |
| Abbildung 5.2: | Vorgehen zur Interviewstudie I – Ermitteln von grundlegenden Vorgehensweisen und Herausforderungen (Meyer et al., 2021; Meyer et al., 2025). Darstellung als Kondensat aus Meyer et al. (2021) und Meyer et al. (2025). | 98 |
| Abbildung 5.3: | Strukturierung eines Produktportfolios auf Basis der Praxissicht auf Grundlage der Interviewstudie I. Angepasste Darstellung nach Meyer et al. (2021). | 102 |
| Abbildung 5.4: | Zeitliche Weiterentwicklung des Produktportfolios über die verschiedenen Ebenen erzeugt auf tieferen Ebenen häufiger neue Elemente. Abbildung adaptiert nach Meyer et al. (2021). | 103 |
| Abbildung 5.5: | Die Interviewstudie I zeigt Aufgabenschwerpunkte bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios in Abhängigkeit von der Ebene des Produktportfolios. Abbildung adaptiert nach Meyer et al. (2021). | 104 |
| Abbildung 5.6: | Die Ungewissheit in der tatsächlichen Leistungsfähigkeit von zukünftigen Produkten nimmt mit der Distanz zum Markteintritt zu. Abbildung adaptiert nach Meyer et al. (2021). | 106 |
| Abbildung 5.7: | Die Kombination aus Beschreibungs- und Vorgehensmodell wird fortan als Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios verstanden. | 117 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Abbildung 5.8: | Vorgehen zur systematischen Literaturrecherche (SLR) in Anlehnung an Webster und Watson (2002). Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023b). | 119 |
| Abbildung 5.9: | Suchfelder für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios. Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023b). | 120 |
| Abbildung 5.10: | Vorgehen bei der Entwicklung einer Ontologie zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios in Anlehnung an Ahmed et al. (2007). Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023c). | 131 |
| Abbildung 5.11: | Das Diagramm zeigt die Schnittmenge der jeweils häufigsten, gemeinsamen Nennungen von Wortpaaren aus den Vorarbeiten der PGE sowie der strategischen Produktplanung. | 133 |
| Abbildung 5.12: | Semantisches Netz der strategischen Produktplanung. Die Schnittstellen mit dem Modell der SGE sind rot eingefärbt. Elemente der strategischen Produktplanung blau. Übersetzte Darstellung aus Schlegel et al. (2023c). | 134 |
| Abbildung 5.13: | Semantisches Netz des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung. Schnittstellen mit der strategischen Produktplanung sind rot eingefärbt. Elemente der SGE grün. Übersetzte Darstellung aus Schlegel et al. (2023c). | 135 |
| Abbildung 5.14: | Ontologie zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Blau: SPP-Elemente, Grün: SGE-Elemente, Weiß: Aspekte aus Interviewstudie I und Rot: Schnittstellen von SGE und SPP. Übersetzte Darstellung aus Schlegel et al. (2023c). Vollständige Darstellung in den Forschungsdaten nach Schlegel (2026b) (https://doi.org/10.35097/3ev0fewvnxuj1pg8). | 136 |
| Abbildung 5.15: | Vorgehen zur vertiefenden Interviewstudie II. Darstellung adaptiert nach Schlegel, Just und Wiederkehr et al. (2024). . | 140 |
| Abbildung 5.16: | Vereinfachter Prozess der Weiterentwicklung von Produktportfolios auf Basis der ersten Interviewstudie. Der Prozess dient als Grundlage zur Erstellung des Interviewleitfadens für die zweite vertiefende Interviewstudie. Darstellung adaptiert nach Schlegel, Just und Wiederkehr et al. (2024). | 141 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Abbildung 5.17: | Aktivitäten und korrelierende Kernerkenntnisse aus der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios in Kapitel 5. | 151 |
| Abbildung 6.1: | Ergebnis der Relevanzbewertung von Zielen für die Beschreibung und Planung von Produktportfolios durch 32 Teilnehmende. Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023a)..... | 157 |
| Abbildung 6.2: | Ein erstes deskriptives Modell, welches die Struktur eines Produktportfolios zu einem bestimmten Zeitpunkt in seiner Weiterentwicklung zeigt (beispielhafte Darstellung). Orange: Aufgrund eines Auslösers auf Linienebene veränderte Elemente; Blau: Aufgrund eines Auslösers auf Subsystemebene veränderte Elemente Grün: beibehaltene Elemente des Produktportfolios Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023a). | 159 |
| Abbildung 6.3: | Abstrahierter Ausschnitt aus dem Produktportfolio des Partnerunternehmens, welches auf der Grundlage des beschreibenden Modells entwickelt wurde (Weiß = Produktportfolio, grau = Produktlinie, blau = Produktfamilie, hellgrau = Produktvariante, Subsysteme wurden nicht modelliert). Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023a). | 162 |
| Abbildung 6.4: | Zuordnung der ebenenspezifischen Produktprofile. Das Produktlinienprofil greift dabei die Gemeinsamkeiten im Nutzen der Produktlinie auf, welche in den untergeordneten Produktfamilienprofilen weiter spezifiziert werden. Die Vererbung soll damit die Modellierung von Produktprofilen effizienter und konsistenter gestalten. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Just und Pfaff et al. (2024)..... | 167 |
| Abbildung 6.5: | Produktfamilienprofil zur lösungsoffenen Beschreibung mehrerer Produktvarianten durch ein übergeordnetes Beschreibungselement. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Just und Pfaff et al. (2024)..... | 168 |
| Abbildung 6.6: | Weiterentwicklung von ebenenspezifischen Produktprofilen im Sinne des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung. Qualitative Abbildung. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Just und Pfaff et al. (2024)..... | 170 |
| Abbildung 6.7: | Der Risikowürfel zeigt von grün nach rot steigend das Risiko einzelner Einflüsse anhand von drei Kriterien auf. Darstellung adaptiert nach Schliffka (2023)..... | 174 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Abbildung 6.8: | Die einzelnen Einflüsse, in unterschiedlichen Farben gekennzeichnet, werden unter Berücksichtigung ihres Risikos, ein höheres Risiko entspricht einem größeren Radius, sowie der Fristigkeit bis zum Eintreten K: Kurzfristig, M: Mittelfristig und L: Langfristig unterteilt. Darstellung adaptiert nach Schliiffka (2023). | 176 |
| Abbildung 6.9: | Verortung der verschiedenen Einflüsse an der Struktur des Produktportfolios. Die Abbildung zeigt, an welchen Stellen im Produktportfolio Einflüsse wirken und daraus resultierend ggf. Weiterentwicklungsbedarfe entstehen können. Darstellung adaptiert nach Schliiffka (2023). | 177 |
| Abbildung 6.10: | Das Einflussprofil greift die Ergebnisse aus der Analyse der Einflüsse auf und dient als Beschreibungselement zur Diskussion von Einflüssen auf die Weiterentwicklung von Produktportfolios. Darstellung adaptiert nach Schliiffka (2023). | 178 |
| Abbildung 6.11: | Vorgehensschritte zur Erarbeitung des Einflussprofils. Darstellung adaptiert nach Schliiffka (2023). | 180 |
| Abbildung 6.12: | Übersicht über die zeitliche und räumliche Weiterentwicklung des Produktportfolios. Die Vielzahl der übereinanderliegenden Produktportfolioelemente macht eine Betrachtung in einzelnen Sichten durch nachfolgende Abbildungen erforderlich. Rot: Zeitliche Entwicklung eines Produktportfoliostrukturausschnitts. Gelb: Zeitliche Weiterentwicklung einer spezifischen Ebene. Grau: Ansicht aktueller Produktportfoliostuktur zu einem spezifischen Zeitpunkt. Darstellung adaptiert nach Streib (2024). | 183 |
| Abbildung 6.13: | Schnitt des Produktportfolios (graue Ebene in Abbildung 6.12) zeigt den Aufbau des Produktportfolios zum Zeitpunkt 2024. Die Modellierung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Darstellung adaptiert nach Streib (2024). | 184 |
| Abbildung 6.14: | Der Schnitt entlang der Zeit- und Ebenen-Achse (rote Ebene in Abbildung 6.12) zeigt die Weiterentwicklungen in einem Bereich des Produktportfolios von Traktoren des Unternehmens John Deere. Die Modellierung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Darstellung adaptiert nach Streib (2024). | 185 |
| Abbildung 6.15: | Schnitt auf Ebene der Subsysteme. Die Ansicht zeigt, zu welchen Zeitpunkten welche Einflüsse eine Anpassung der Subsysteme hervorgerufen haben (gelbe Ebene in Abbildung | |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| | 6.12). Die Modellierung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Darstellung adaptiert nach Streib (2024). | 186 |
| Abbildung 6.16: | Vorgehen zur Evaluation des Beschreibungsmodells. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Pfaff und Albers (2025). | 188 |
| Abbildung 6.17: | Aufteilung der Teilnehmenden in Test- und Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe wird bewusst auf die A- und B-Blöcke gelegt. Die Methodik kommt erst innerhalb der Terminblöcke C und D zum Einsatz, um eine ungewollte Kommunikation der Methodik von Test- auf Kontrollgruppe zu verhindern. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Pfaff und Albers (2025). | 189 |
| Abbildung 6.18: | Aufteilung der Teilnehmenden in Test- und Kontrollgruppe. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Pfaff und Albers (2025). | 190 |
| Abbildung 6.19: | Die Ergebnisse der anonymen online Befragung zeigen keine signifikante Verbesserung in der Selbsteinschätzung zwischen der Testgruppe mit methodischer Unterstützung gegenüber der Kontrollgruppe ohne Methodik. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Pfaff und Albers (2025). | 191 |
| Abbildung 6.20: | Die erreichten Punkte im regulären Workshop der MKL-IV zeigen eine Tendenz in der Leistungsbereitschaft zwischen Test- und Kontrollgruppe. | 193 |
| Abbildung 6.21: | Übersicht über das Zusammenspiel der Kernergebnisse der einzelnen Studien in Kapitel 6. | 194 |
| Abbildung 7.1: | Vorgehen zur Erarbeitung des initialen Vorgehensmodells. Die Abbildung zeigt zentrale Phasen und korrelierende Ergebnisse. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Pommerer et al. (2024). | 197 |
| Abbildung 7.2: | Entwurf des initialen Vorgehensmodells für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Pommerer et al. (2024). | 200 |
| Abbildung 7.3: | Die initiale Phase des Vorgehensmodells zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios mit verschiedenen Auslösestufen. Zentrales Ergebnis der initialen Phase ist das rechts angedeutete Einflussprofil (vgl. Kapitel 6.3). Abbildung adaptiert nach Schlegel und Pommerer et al. (2024). | 201 |
| Abbildung 7.4: | Die Abbildung zeigt den Weiterentwicklungsstand des Produktportfolios als Ergebnis der Ist-, Soll- und Delta-Phase. Orange: Aufgrund eines Auslösers auf Linienebene veränderte | |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| | Elemente; Blau: Aufgrund eines Auslösers auf Subsystemebene veränderte Elemente; Grün: beibehaltene Elemente des Produktportfolios (vgl. Kapitel 6.1). Abbildung adaptiert nach Schlegel und Pommerer et al. (2024). | 205 |
| Abbildung 7.5: | Übergreifende Ansicht aus dem Leitfaden zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios in der initialen Version. Situations- und ebenenspezifisch werden über Buttons einzelne Methoden und Beschreibungsmodellelemente erläutert. Abbildung adaptiert nach Pommerer (2023) | 206 |
| Abbildung 7.6: | Erweiterung des Vorgehensmodells um Subschritte in der initialen Phase. Abbildung adaptiert nach Kögler (2023). | 211 |
| Abbildung 7.7: | Ausschnitt aus dem Leitfaden zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Der Leitfaden bietet die Möglichkeit, in Abhängigkeit von den zeitlichen Kapazitäten lediglich einen Teil oder das gesamte Portfolio zu modellieren. | 212 |
| Abbildung 7.8: | Ausschnitt aus der Soll-Phase des Leitfadens, in welcher situationsspezifisch Methoden vorgeschlagen und kompakt erläutert werden. | 214 |
| Abbildung 7.9: | Erweiterung der Ist-, Soll- und Delta-Phase des Vorgehensmodells zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Abbildung adaptiert nach Fahnenstich (2024). | 214 |
| Abbildung 7.10: | Produktportfolioebenenübergreifende Produktlandkarte zur Visualisierung der Weiterentwicklung verschiedener Elemente im Produktportfolio. Darstellung der Landkarte in Anlehnung an Söllner (2016). Abbildung adaptiert nach Fahnenstich (2024). | 215 |
| Abbildung 7.11: | Vorgehen zur Erarbeitung und Evaluation einer Systematik bestehend aus Vorgehens- und Beschreibungsanteilen. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024). . | 217 |
| Abbildung 7.12: | Der Workshopablauf besteht aus einer Kombination von Vorstellung der Systematik im Auditorium und Anwendung der gezeigten Schritte in interaktiven Phasen. An zwei Punkten wird mittels einer online Umfrage evaluiert. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024). | 218 |
| Abbildung 7.13: | Abstrahierte Kernergebnisse der Systematik entlang der jeweiligen Phasen des Vorgehensmodells. Die realen Arbeitsergebnisse des Workshops stellen einen Teil des | |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| | Projektes IP – Integrierte Produktentwicklung dar und unterliegen der Vertraulichkeit, daher können diese nicht detailliert gezeigt werden. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024). | 219 |
| Abbildung 7.14: | Umfrageergebnisse der ersten interaktiven Phase. Die Mehrheit sieht in dem Ansatz einen Mehrwert. Jedoch war etwa ein Drittel nicht in der Lage, dem Workshop vollständig zu folgen. Teilnehmendenzahl N=19. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024). | 220 |
| Abbildung 7.15: | Umfrageergebnisse der zweiten interaktiven Phase des Workshops – Der Fokus liegt auf der Ist-, Soll- und Delta-Phase. Teilnehmendenzahl N=19. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024). | 221 |
| Abbildung 7.16: | Gegenüberstellung der durch die 19 Teilnehmenden selbst eingeschätzten Anwendbarkeit und Unterstützungswirkung durch die Systematik in der initialen Phase sowie der Ist-, Soll- und Delta-Phase. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024). | 223 |
| Abbildung 7.17: | Abstrahierte Workshopergebnisse des ersten Workshops in der Analysephase des Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung. Die detaillierten Arbeitsergebnisse des Workshops stellen einen Teil des Projektes IP – Integrierte Produktentwicklung dar und unterliegen der Vertraulichkeit, daher können diese nicht gezeigt werden. Abbildung adaptiert nach Kranich (2025). | 227 |
| Abbildung 7.18: | Abstrahierte Workshopergebnisse des zweiten Workshops in der Potenzialfindungsphase des Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung. Die detaillierten Arbeitsergebnisse des Workshops stellen einen Teil des Projektes IP – Integrierte Produktentwicklung dar und unterliegen der Vertraulichkeit, daher können diese nicht gezeigt werden. Abbildung adaptiert nach Kranich (2025). | 229 |
| Abbildung 7.19: | Vergleich der Umfrageergebnisse zwischen initialem und erweitertem Workshop. Es zeigt sich eine tendenzielle Verbesserung. Abbildung adaptiert nach Kranich (2025). | 231 |
| Abbildung 7.20: | Übersicht über die Kernergebnisse der einzelnen Studien in der Erarbeitung eines Vorgehensmodells in Kapitel 7. | 233 |
| Abbildung 8.1: | Der Ablauf des Interviews orientiert sich an den Vorgehenschritten der Systematik. Die Evaluation findet | |

| | | |
|----------------|---|-----|
| | jeweils nach den einzelnen Phasen sowie mittels einer Gesamtevaluation zum Ende des Interviews statt. Abbildung adaptiert nach Kunert (2024). | 237 |
| Abbildung 8.2: | Die Abbildung zeigt exemplarisch eines von zehn Einflussprofilen sowie die Evaluationsfragen, welche nach jeder Phase gestellt wurden. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Thümmel und Albers (2025). | 238 |
| Abbildung 8.3: | Ein Einflussprofil als Ergebnis der Anwendung der initialen Phase im Unternehmen Henke-Sass, Wolf GmbH zeigt, dass das Beschreibungselement sowie die zugehörigen Schritte ausgeführt werden konnten (Kaiser, 2024). | 244 |
| Abbildung 8.4: | Auszug aus dem Produktportfolio der Henke-Sass, Wolf GmbH, modelliert mithilfe des Beschreibungsmodells. HD - High Definition, HR - High Resolution, SD - Standard Definition. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Thümmel und Albers (2025). | 245 |
| Abbildung 8.5: | Einflussradar aus der Anwendung der Systematik in der Henke-Sass, Wolf GmbH (Kaiser, 2024). | 246 |
| Abbildung 8.6: | Auszug aus dem Soll-Produktportfolio der Henke-Sass, Wolf GmbH, hellblau markiert ist ein durch die Systematik erarbeitetes zukünftiges Produktportfolioelement. Abbildung adaptiert nach Kaiser (2024). | 248 |
| Abbildung 8.7: | Vorgehen zur Erarbeitung eines Transferkonzepts. Abbildung adaptiert nach Modhvardia (2025). | 252 |
| Abbildung 8.8: | Anonymisierte und abstrahierte Ergebnisse aus der initialen Phase des Anwendungsworkshops mit Unternehmen I aus Tabelle 8.1. Die Abbildung zeigt, dass Einflüsse auf das Produktportfolio gemäß dem Beschreibungsmodell in Kapitel 6 durch die Mitarbeitenden des Unternehmens gefunden und verortet werden konnten. Abbildung adaptiert nach Modhvardia (2025). | 255 |
| Abbildung 8.9: | Anonymisierte und abstrahierte Ergebnisse aus dem Anwendungsworkshop mit Unternehmen II aus Tabelle 8.1. Die Abbildung zeigt, dass Einflüsse auf das Produktportfolio gemäß dem Beschreibungsmodell in Kapitel 6 durch die Mitarbeitenden des Unternehmens gefunden, verortet sowie zugehörige Produktprofile für den Ist- und Soll-Zustand gebildet werden konnten. Abbildung adaptiert nach Modhvardia (2025). | 256 |

| | | |
|-----------------|--|-------|
| Abbildung 9.1: | Forschungsaufbau der Arbeit (Vgl. Abbildung 4.4, Kapitel 4). | 260 |
| Abbildung 9.2: | Durchgeführte Studien und korrelierende Kernerkenntnisse aus der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios aus Perspektive der Theorie und Praxis (Vgl. Abbildung 5.17, Kapitel 5.5). | 261 |
| Abbildung 9.3: | Übersicht über das Zusammenspiel der einzelnen Studien der Erarbeitung des Beschreibungsmodells in Kapitel 6 (vgl. Abbildung 6.21, Kapitel 6.6). | 264 |
| Abbildung 9.4: | Übersicht über die iterative Erarbeitung des Vorgehensmodells sowie der Erweiterung um ein Workshopkonzept über fünf Studien hinweg (Abbildung 7.20, Kapitel 7). | 267 |
| Abbildung 9.5: | Erweiterung des Vorgehensmodells um Subschritte in der initialen Phase gemäß dem Beschreibungsmodell in Kapitel 7.2 (vgl. Abbildung 7.6, Kapitel 7.2)..... | 270 |
| Abbildung 9.6: | Erweiterung des Vorgehensmodells innerhalb der Ist-, Soll- und Delta-Phase in Kapitel 7.3 (vgl. Abbildung 7.9, Kapitel 7.3).... | 270 |
| Abbildung 9.7: | Übersicht über die in der Arbeit explizit durchgeführten Validierungsaktivitäten. | 272 |
| Abbildung 9.8: | Zielgruppenspezifische Zusammenstellung eines Schulungskonzeptes für die Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. | 275 |
| Abbildung 9.9: | Die Umsetzung der erarbeiteten Systematik in einer App- Anwendung eröffnet die Möglichkeit, den Ansatz über eine initiale Implementierung hinaus in Unternehmen anzuwenden und zu validieren. | 276 |
| Abbildung 9.10: | Ein durchgängiges Zielsystem eines Produktportfolios zeichnet sich durch die Kombination von zeitlicher und räumlicher Konsistenz der ebenspezifischen Entwicklungsziele aus. . | 278 |
| Abbildung A.1: | Der Idealbereich an realisierten Varianten in Bezug auf die möglichen Varianten gibt einen Anhaltspunkt für die optimale Variantenanzahl in Produktportfolios. (Schuh et al., 2016) . | XLVII |
| Abbildung B.1: | Aufbau des Produktportfolios | LIII |
| Abbildung C.1: | Idealisierter und linearisierter Ablauf Portfolioweiterentwicklung | LIV |
| Abbildung D.1: | Anforderungen an ein Beschreibungsmodell auf Basis der Interviewstudie I (Kapitel 5.1), Vorarbeiten aus dem Bereich SGE und SPP (Gärtner, 2022). | LVII |

| | | |
|----------------|---|-------|
| Abbildung D.2: | Hintergrundinformationen zu den Befragten in der Relevanzbewertung der verschiedenen Ziele für das zu entwickelnde Beschreibungsmodell.(Schlegel et al., 2023a) | LVIII |
| Abbildung D.3: | Produktprofil auf Unternehmensebene | LIX |
| Abbildung D.4: | Produktprofil auf Linienebene | LX |
| Abbildung D.5: | Übersicht über die Aufgabenstellung zum Evaluationsworkshop in der Lehrveranstaltung MKL IV | LXI |
| Abbildung E.1: | Sieben Prozessmodelle für den Transfer von Innovationsmethoden als Ergebnis der systematischen Literaturrecherche. (Vgl. Schlegel, Modhvardia et al., 2025).. | LXV |
| Abbildung E.2: | Übersicht über den erarbeiteten Transferansatz (Vgl. Schlegel, Modhvardia et al., 2025) | LXVI |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|--------------|--|-----|
| Tabelle 2.1: | Die Ergebnisse der Literaturrecherche zeigen, dass die Begriffe zukunftsrobust und zukunftsorientiert verwendet werden, jedoch zumeist kein Begriffsverständnis eingeführt wird. Übersetzt nach Thümmel et al. (2022)..... | 26 |
| Tabelle 5.1: | Anonymisierte Hintergrundinformationen zu den Expertinnen und Experten in Interviewstudie I (Meyer et al., 2021)..... | 99 |
| Tabelle 5.2: | Umfassend und begrenzt wirkende Kräfte auf das Produktportfolio (vgl. Meyer et al., 2021; vgl. Meyer et al., 2025) | 107 |
| Tabelle 5.3: | Entwicklungsstrategien aus der Interviewstudie I (vgl. Meyer et al., 2025) | 113 |
| Tabelle 5.4: | Ergebnis der systematischen Literaturrecherche: Relevante Veröffentlichungen und deren Erfüllung der Investigationsfelder. Adaptiert nach Schlegel et al. (2023b)..... | 121 |
| Tabelle 5.5: | Vorarbeiten aus der strategischen Produktplanung und dem Modell der PGE - Produktgenerationsentwicklung | 132 |
| Tabelle 5.6: | Anonymisierte Hintergrundinformationen zu den Expertinnen und Experten in Interviewstudie II (vgl. Schlegel, Just, Wiederkehr et al., 2024) | 142 |
| Tabelle 6.1: | Geclusterte Ziele für ein Beschreibungsmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios (vgl. Schlegel et al., 2023a)..... | 155 |
| Tabelle 6.2: | Verbesserungspotenziale des initialen Beschreibungsmodells (vgl. Schlegel, Just, Pfaff et al., 2024) | 165 |
| Tabelle 6.3: | Cluster auf Basis der Aussagen aus der Diskussionsrunde des Expertenworkshops (vgl. Schlegel, Just, Pfaff et al., 2024) ... | 169 |
| Tabelle 7.1: | 14 zentrale Anforderungscluster für die Entwicklung eines Vorgehensmodells aus der Literatur. (Vgl. Schlegel, Pommerer et al., 2024) | 198 |
| Tabelle 7.2: | Anforderungen an ein Vorgehensmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios aus Sicht der Praxis (vgl. Schlegel, Pommerer et al., 2024)..... | 199 |
| Tabelle 7.3: | Anmerkungen aus der Evaluation des Expertenworkshops Stufe I (vgl. Schlegel, Pommerer et al., 2024) | 207 |

| | | |
|--------------|--|-------|
| Tabelle 8.1: | Teilnehmende der zweiten Evaluationsstufe – Transfer der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios (Vgl. Schlegel, Modhvadia et al., 2025) | 253 |
| Tabelle E.1: | Erfolgsfaktoren für den Transfer von Entwicklungsmethoden aus dem universitären Umfeld in die Unternehmenspraxis (Modhvadia, 2025)..... | LXIII |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|--|
| CAD | Computer Aided Engineering |
| CPS | Cyber-Physisches-System |
| DFG | Deutsche Forschungsgemeinschaft |
| DRM | Design Research Methodology |
| GmbH | Gesellschaft mit beschränkter Haftung |
| HD | High Definition |
| HR | High Resolution |
| HSW | Henke, Sass-Wolf GmbH |
| IM | Innovationsmanager |
| IPEK | Institut für Produktentwicklung |
| iPeM | Integriertes Produktentstehungsmodell |
| KaSPro | Karlsruher Schule für Produktentwicklung |
| KIT | Karlsruher Institut für Technologie |
| MKL | Maschinenkonstruktionslehre |
| PGE | Produktgenerationsentwicklung |
| ProVIL | Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor |
| SD | Standard Definition |
| SGE | Systemgenerationsentwicklung |
| SPALTEN | Akronym aus: Situationsanalyse, Problemeingrenzung, Alternative Lösungen, Lösungsauswahl, Tragweitenanalyse, Entscheiden und Umsetzen, Nachbereiten und Lernen |
| SPP | Strategische Produktplanung |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure |
| ZHO | Ziel-, Handlungs-, und Objektsystem |

1 Einleitung

„Die beste Art, die Zukunft vorherzusagen, ist, sie zu gestalten.“

- Willy Brandt

1.1 Motivation

Die Erweiterung des Produktportfolios um neue, innovative Produkte ist eine Schlüsselaktivität für Unternehmen, um langfristig erfolgreich zu sein (Cooper & Edgett, 1999). Entscheidend für den Erfolg eines Produktes ist die Kombination einer realisierbaren technischen Umsetzung in einer Invention, der richtigen Antizipation der Bedarfsituation für das geplante Produkt sowie der Markteinführung des Produkts zum richtigen Zeitpunkt (Albers, Heimicke et al., 2018).

Die Erweiterung des Produktportfolios um neue Produkte steht dabei vor wachsenden Herausforderungen durch kürzere Produktlebenszyklen und komplexere Produkte (Alfieri, Castiglione & Pastore, 2020). Durch eine steigende Volatilität und Unsicherheit im Markt und Technologieumfeld wird die Antizipation der Produkte in der frühen Phase der Produktentwicklung für Unternehmen eine zentrale Herausforderung (Bennett & Lemoine, 2014; Cooper, 2019). Unternehmen sind daher gezwungen, die Weiterentwicklung des Produktportfolios eng mit der strategischen Produktplanung zu verknüpfen (Verbano & Nosella, 2010).

Gleichzeitig wächst auch die Variantenvielfalt innerhalb der Produktportfolios selbst an (Göpfert, Schulz & Wellbrock, 2017). Der Übergang vom Verkäufer- zum Käufermarkt führt dazu, dass Unternehmen auf immer mehr individuelle Kundenwünsche eingehen, um sich vom Wettbewerb differenzieren zu können und den Anforderungen gerecht zu werden (Henzler, 2014). Lange konnte dieser Anforderung mit einer stetigen Vergrößerung des Produktportfolios begegnet werden. So hat beispielsweise die Daimler AG die Anzahl ihrer Baureihen im Zeitraum von 1998 bis 2015 nahezu verdoppelt (Helmers, 2015). Eine steigende Produktvielfalt adressiert allerdings nicht zwangsläufig die Nachfrage. Lindemann und Baumberger (2006) zeigen in einer exemplarischen Studie zu Antriebsaggregaten, dass in einem komplett entwickelten Variantenspektrum bis zu 80 % der Elemente innerhalb von zwei Jahren nicht nachgefragt wurden. Weitere

Studien bekräftigen, dass Entwicklungen, welche keiner strategischen Produktplanung des Unternehmens folgen, das Produktportfolio über die Zeit aufblähen und langfristig zu unrentablen Produktportfolios führen können (Tolonen, Kroppu-Vehkaperä & Haapasalo, 2014).

Parallel hat sich auch der Funktionsumfang, zum Beispiel in modernen Fahrzeugen, im Zeitraum von 2007 bis 2017 mehr als vervierfacht (Corbett, Brunner, Schmidt, Schneider & Dannebaum, 2018). Die Kombination von steigender Komplexität und Anzahl der Produkte führt dazu, dass Unternehmen aufgrund der Kosten- und Komplexitätssteigerung die Weiterentwicklung ihres Produktportfolios effizienter gestalten müssen (Boes & Ziegler, 2021).

Verrolot, Tolonen, Harkonen und Haapasalo (2017) stellen in einer qualitativen Interviewstudie heraus, dass das Produktportfoliomanagement, als übergeordneter Analyse- und Entscheidungsfindungsprozess zu aktuellen und geplanten Produktportfolios in Unternehmen, häufig nicht ausreichend Anwendung findet. Um effizient und mit vertretbarem Risiko das Produktportfolio um neue Produkte zu erweitern, müssen die Gestaltung des Nutzenbündels, aber auch der technologische Schritt, der im Vergleich zu bestehenden Produkten und Systemen gegangen wird, reflektiert werden (Albers, Rapp, Birk & Bursac, 2017). Eine Neuentwicklung, wie sie in vielen Bereichen des *New-Product-Development* (engl.) skizziert wird, entspricht nicht der Unternehmenspraxis (Albers, Bursac & Wintergerst, 2015; Barczak, Griffin & Kahn, 2009).

Als Folge der Kombination an Herausforderungen in der Weiterentwicklung von Produktportfolios sind Unternehmen gezwungen, das Produktportfolio ganzheitlich zu entwickeln und neue Entwicklungsprojekte über eine strategische Produktplanung unter der Einbeziehung von Referenzen zu entwickeln, um neue Produkte mit hohem Innovationspotenzial erschließen zu können. Dies erfordert die Entwicklung eines Unterstützungsansatzes, welcher in dem Grundverständnis der referenzenbasierten Entwicklung die strategische Produktplanung aufgreift und in einem einheitlichen Ansatz dem Produktportfoliomanagement zugänglich macht.

1.2 Fokus der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit wird im Fokus die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios betrachtet. Der Fokus der vorliegenden Arbeit sowie die angrenzenden Forschungsfelder werden in Abbildung 1.1 dargestellt.

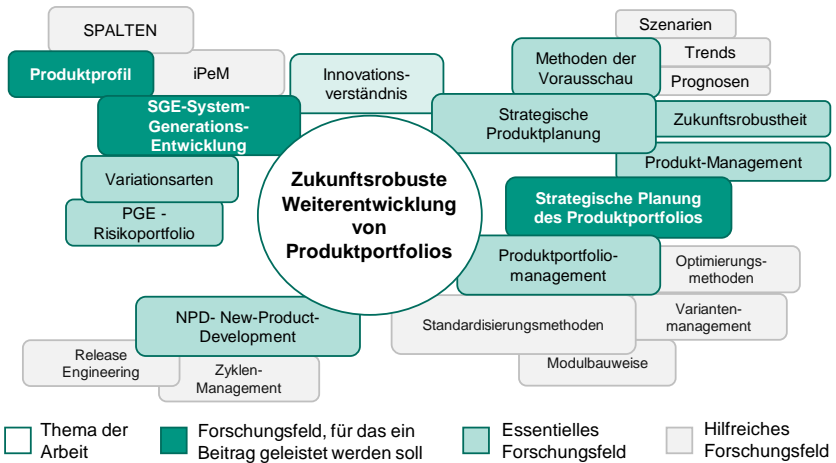


Abbildung 1.1: Fokus der vorliegenden Arbeit sowie Forschungsfelder, auf welchen aufgebaut bzw. zu welchen ein Beitrag geleistet wird.

Dazu werden im Bereich der strategischen Produktplanung bestehende Elemente wie Methoden der Vorausschau genutzt, um die Weiterentwicklung des Produktportfolios so zu gestalten, dass Produkte zukunftsrobust und mit einem hohen Innovationspotenzial entwickelt werden. Die Arbeit greift bestehende Methoden der Vorausschau auf und versucht, diese in ein systematisches Vorgehen einzubinden. Das Entwickeln weiterer Vorausschaumethoden wird in der vorliegenden Arbeit nicht angestrebt.

Der Bereich des *New-Product-Development* (engl.) befasst sich mit dem Prozess, neue Produkte zu entwickeln. Bestehende Ansätze sowie Ergebnisse aus explorativen Studien aus dem Forschungsbereich werden bei der Entwicklung eines Unterstützungsansatzes in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt. In Abgrenzung zu der Mehrheit der bestehenden Ansätze aus dem Bereich, welche zumeist mit einer Ideengenerierung ohne Inbezugnahme von Referenzen beginnen, liegt in der

vorliegenden Arbeit der Fokus auf der referenzenbasierten Entwicklung von Produkten.

Insbesondere fokussiert die vorliegende Arbeit die Weiterentwicklung von Produktportfolios. Der zu entwickelnde Ansatz adressiert dabei Unternehmen mit einem bestehenden Produktportfolio, welches als zentrale Quelle für Referenzsystemelemente nach dem Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung dient. Die Modellierung von Produkten in Start-Ups, ohne ein bestehendes Produktportfolio, wäre ebenfalls mit dem Modell der SGE möglich, wird jedoch im Rahmen der Arbeit nicht näher betrachtet. Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zur Erweiterung der SGE – Systemgenerationsentwicklung um die referenzen- und generationenbasierte Modellierung von Produktportfolios. Angrenzend werden ebenfalls lösungsoffene Beschreibungen für die Elemente des Produktportfolios in Form von Produktprofilen erarbeitet.

Die Betrachtung der Weiterentwicklung mehrerer Produkte in Form eines Produktportfolios formt eine Verknüpfung zum Produktportfoliomanagement. Ansätze und Vorarbeiten zu Herausforderungen aus dem Forschungsfeld dienen als Referenz bei der Erarbeitung eines Unterstützungsansatzes. Der Fokus der Systematik liegt auf der Entwicklung in der frühen Phase der Produktentwicklung, in welcher der Grundstein für den Erfolg eines Produktes gelegt wird. Das vorliegende Forschungsvorhaben liefert Impulse für die Gestaltung von Produktarchitekturen und die Optimierung im Variantenmanagement, fokussiert diese jedoch nicht. Das Forschungsfeld des Produktportfoliomanagements wird durch die vorliegende Arbeit um einen übergreifenden Ansatz ergänzt, welcher die referenzenbasierte Entwicklung sowie Aspekte der strategischen Produktplanung integriert.

1.3 Aufbau der Arbeit

Im Folgenden wird der Aufbau der Forschungsarbeit vorgestellt (Abbildung 1.2) sowie eine Kurzbeschreibung der einzelnen Kapitel vorgenommen.

In **Kapitel 2** wird der zugrundeliegende Stand der Forschung dargelegt. Zunächst wird hierzu ein einheitliches Innovationsverständnis geschaffen, welches im Rahmen dieser Arbeit gelten soll. Weiter werden aus dem Bereich der Vorgehensmodelle sowie der Beschreibungsmodelle bestehende Ansätze aufgeführt, welche für den Fokus der Arbeit relevant sind. Abschließend werden im Stand der Forschung Ansätze zur Betrachtung mehrerer Produkte in Form von Produktportfolios vorgestellt.

In **Kapitel 3** werden der Forschungsbedarf und die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit vorgestellt. In dem Kapitel werden die Grundannahmen der Arbeit getroffen sowie Forschungshypothesen und Forschungsfragen aufgestellt.

In **Kapitel 4** wird aufbauend auf dem Forschungsbedarf und der Zielsetzung das forschungsmethodische Vorgehen der vorliegenden Arbeit vorgestellt.

In **Kapitel 5** wird die Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Unternehmenspraxis sowie in der Literatur untersucht. Mittels Interviewstudien und einer systematischen Literaturanalyse wird eine Wissensbasis zur Entwicklung von Unterstützungsansätzen erarbeitet, auf welche in den nachfolgenden Kapiteln aufgebaut wird.

In **Kapitel 6** wird über mehrere, aufeinander aufbauende Studien ein Beschreibungsmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios erarbeitet und jeweils initial validiert. In einer retrospektiven Fallstudie sowie in einer Lehrveranstaltung wird das Beschreibungsmodell exemplarisch angewandt und es werden weitere Erkenntnisse zur Validierung gewonnen.

In **Kapitel 7** wird als Gegenstück zum Beschreibungsmodell das Vorgehensmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios erstellt. In drei Stufen wird das Vorgehensmodell selbst erweitert. Daraufhin wird über die letzten beiden Teilkapitel hinweg ein Workshopkonzept zur Anwendung der Systematik im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung erarbeitet und dieses in zwei Jahrgängen durchgeführt.

In **Kapitel 8** steht die Anwendung der entwickelten Systematik im Unternehmenskontext im Vordergrund. Es werden zwei Fallstudien mit zwei unterschiedlichen Unternehmen durchgeführt. Aufbauend auf den beiden Fallstudien wird ein Ansatz zum Transfer der entwickelten Systematik in weitere Unternehmen erarbeitet und die Systematik in zwei weitere Unternehmen transferiert.

In **Kapitel 9** wird die Arbeit zusammengefasst, ein übergreifendes Fazit gezogen sowie ein Ausblick auf weiterführende Forschungsaktivitäten gegeben.

| | | | | |
|---|--|---|---|---|
| 1 | Einleitung | 1.1 Motivation | 1.2 Fokus der Arbeit | 1.3 Aufbau der Arbeit |
| 2 | Grundlagen & Stand der Forschung | 2.1 Innovation im Kontext der Produktentstehung | 2.2 Prozess- und Vorgehensmodelle | 2.3 Beschreibungsmodelle 2.4 Betrachtung mehrerer Produkte |
| 3 | Forschungsbedarf & Zielsetzung | 3.1 Forschungsbedarf | 3.2 Zielsetzung | 3.3 Grundannahme und Forschungshypothesen 3.4 Forschungsfragen |
| 4 | Forschungsmethodik | 4.1 DRM | 4.2 Forschungsdesign nach Marxen und Albers | 4.3 Adaptiertes Vorgehen der Arbeit 4.4 Verortung der Studien 4.5 Forschungsumgebung |
| 5 | Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios | | 5.1 Interviewstudie I 5.2 Systematische Literaturrecherche | 5.3 Ontologie 5.4 Interviewstudie II |
| 6 | Erarbeitung eines Beschreibungsmodells | 6.1 Initiales Beschreibungsmodell | 6.2 Erweiterung ebenenspezifische Produktprofile | 6.3 Erweiterung Einflussprofil 6.4 Retrospektive Fallstudie 6.5 Anwendung in Lehrveranstaltung MKLIV |
| 7 | Erarbeitung eines Vorgehensmodells | 7.1 Initiales Vorgehensmodell | 7.2 Erweiterung initiale Phase | 7.3 Erweiterung Ist-, Soll- und Delta Phase 7.4 Workshop Anwendung IP23/24 7.5 Workshop Anwendung IP24/25 |
| 8 | Anwendung der Systematik im Unternehmenskontext | | 8.1 Anwendung bei der Witzenmann GmbH 8.2 Anwendung bei Henke Sass-Wolf GmbH | 8.3 Transfer der Systematik |
| 9 | Zusammenfassung & Ausblick | 8.1 Zusammenfassung | | 8.2 Ausblick |

Abbildung 1.2: Übersicht über den Aufbau der vorliegenden Arbeit.

2 Grundlagen und Stand der Forschung

Im vorliegenden Kapitel werden die Grundlagen sowie der aktuelle Stand der Forschung für die Entwicklung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios aufgezeigt. Es wird zunächst die Innovation im Kontext der Produktentstehung näher beleuchtet. Dabei ist die Produktentstehung im Rahmen der vorliegenden Arbeit wie folgt definiert:

„Die Produktentstehung ist Teil des Produktlebenszyklus und beschreibt den grundsätzlichen Ablauf von der Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum Serienanlauf.“ (Albers & Gausemeier, 2012, S. 18)

Die Produktentwicklung als Teil der Produktentstehung wird wie nachfolgend verstanden:

Die Produktentwicklung ist ein „interdisziplinärer Unternehmensprozess zur Entwicklung eines marktfähigen Produkts, basierend auf der Definition initialer Ziele und Anforderungen an das Produkt, die im Lauf des Prozesses kontinuierlich weiterentwickelt und iterativ angepasst werden.“ (Verein Deutscher Ingenieure, 2019, S. 8)

2.1 Innovation im Kontext der Produktentstehung

Im Bereich der Produktentstehung existiert eine Vielzahl an Definitionen zu Innovation. Diese Definitionen sind teilweise zueinander inkonsistent. Im Folgenden werden verschiedene Auffassungen einer Innovation diskutiert und im Rahmen der Arbeit ein Definitionsbegriff festgelegt.

Der Begriff *Innovation* entstammt dem lateinischen *innovatio*, was mit Erneuerung zu übersetzen ist (Pons, 2025). Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Abstammung entsprechend häufig bei einer Neuerung unmittelbar auch von einer Innovation gesprochen. Im Bereich der Produktentstehung wird der Begriff jedoch weiter präzisiert.

Innovation als Begriff wird im Kontext der Produktentstehung durch Schumpeter (1934) über eine reine Neuheit hinaus an den wirtschaftlichen Erfolg geknüpft. Weiterführend wird eine reine technische Neuerung als Invention verstanden, neben der für eine Innovation ebenfalls ein zugehöriger Markterfolg vorliegen muss

(Schumpeter, 1934) Dies führt dazu, dass neue Systeme und Produkte erst im Anschluss an die Markteinführung als Innovation klassifiziert werden können. Im Rahmen der Arbeit wird daher vermehrt von Innovationspotenzial einzelner Systeme und Produkte gesprochen (vgl. Kapitel 2.1.1).

Nach SCHUMPETER existieren auch weitere Innovationen abseits der rein technischen Betrachtung. Beispielsweise unterscheiden Hauschildt und Gemünden (2011) aufbauend auf Zahn und Weidler (1995) verschiedene Formen von Innovationen nach folgenden vier Kategorien (Hauschildt & Gemünden, 2011; Zahn & Weidler, 1995):

- **Technische Innovation:** Produkte, Prozesse und technisches Wissen
- **Geschäftsbezogene Innovation:** Veränderung der Marktstrukturen oder Branchenstrukturen
- **Organisationale Innovation:** Strukturen, Kulturen und Systeme
- **Gesellschaftliche Innovation:** Neue Lebensstile und Sozialformen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf den technischen Innovationen, da vorwiegend die Produkte eines Unternehmens betrachtet werden sollen. Innerhalb des Bereichs der technischen Innovationen lassen sich weitere Unterscheidungen in Produkt- und Prozessinnovation treffen.

Eine Unterscheidung von Produkt- und Prozessinnovation wird beispielsweise durch die OECD (2018) wie folgt getroffen (übersetzt aus dem Englischen):

Produktinnovation: „Eine Produktinnovation ist eine neue oder verbesserte Ware oder Dienstleistung, die sich deutlich von den bisherigen Waren oder Dienstleistungen des Unternehmens unterscheidet und die auf dem Markt eingeführt wurde.“ (OECD, 2018, S. 21)

Prozessinnovation: „Eine Prozessinnovation ist ein neuer oder verbesserter Geschäftsprozess für eine oder mehrere Geschäftsfunktionen, der sich signifikant von den bisherigen Geschäftsprozessen des Unternehmens unterscheidet und von dem Unternehmen in Betrieb genommen wurde.“ (OECD, 2018, S. 21)

Das vorliegende Forschungsvorhaben fokussiert im Wesentlichen den Bereich der Produktinnovationen. Die Definition der OECD (2018) kombiniert hier bereits die Ansätze der technischen Neuerung mit der Einführung am Markt, ob jedoch ein Markterfolg für eine Innovation vorhanden sein muss oder nicht, wird in der Definition nicht spezifiziert.

2.1.1 Innovationsverständnis nach Albers

Das Innovationsverständnis nach Albers und Heimicke et al. (2018) greift mithilfe der Innovationsgleichung in Abbildung 2.1 die Aspekte der Invention als technische Neuerung sowie der Einführung am Markt auf und ergänzt diese durch eine lösungsoffene Beschreibung einer Bedürfnissituation eines zukünftigen Produktes durch das Produktprofil (Abbildung 2.2). Die Kombination der drei Bestandteile Produktprofil, Invention und Markteinführung ergibt die Grundlage einer Innovation. (Albers, Heimicke et al., 2018)

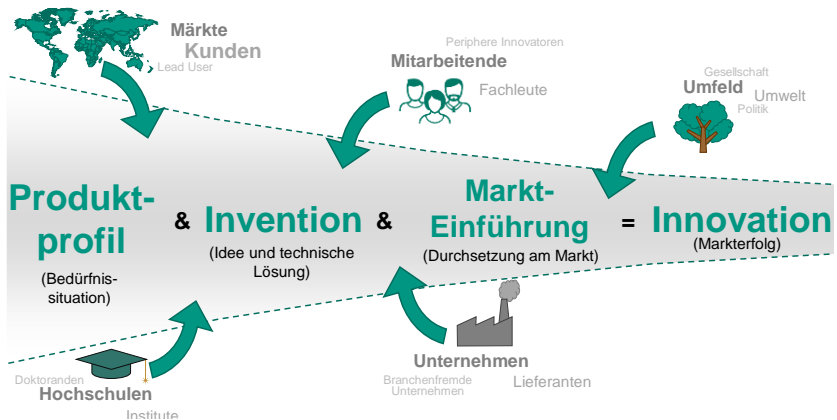


Abbildung 2.1: Nach dem Innovationsverständnis nach Albers setzt sich eine Innovation aus der Kombination von Produktprofil, Invention und Markteinführung zusammen (Albers, Heimicke et al., 2018).
 Abbildung übersetzt nach Albers und Heimicke et al. (2018).

Das Innovationsverständnis beschreibt die Zusammensetzung einer Innovation auf grundlegende Weise. Sie ist für die verschiedenen aufgeführten Innovationsformen gültig und kann dort Anwendung finden. Daher wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit dem Innovationsverständnis von ALBERS gefolgt und eine Innovation wie folgt verstanden:

„Eine Innovation ist die erfolgreiche Umsetzung einer Neuheit, einer kreativen Idee oder Erfindung auf dem Markt mit erweitertem Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen.“ (IPEK, 2024)

2.1.2 Produktprofil

Zentrales Element einer möglichen Innovation ist das Produktprofil, welches einen Grundstein für einen möglichen späteren Markterfolg legt. Ein Produktprofil ist dabei nach Albers und Heimicke et al. (2018) wie folgt definiert:

„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, welche aus Produkten und Dienstleistungen, 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.“
(Vgl. Albers, Heimicke et al., 2018, S. 255)

Um das Produktprofil zu modellieren, kann auf ein Produktprofilschema zurückgegriffen werden, wie es in Abbildung 2.2 zu sehen ist. Das Produktprofil umfasst im Kern das Nutzenbündel und ergänzt dieses durch weitere Informationen wie eine initiale Produktbeschreibung, Anhaltspunkte für die Erstellung eines Referenzsystems, verschiedene Use Cases, in welchen das angestrebte Produkt Anwendung finden wird, sowie marktperspektivische Aspekte des Wettbewerbs und der Nachfrage. Ebenfalls wird ein Validierungsansatz bereits in der frühen Phase der Produktentwicklung mitgedacht. Das Produktprofil liefert damit eine lösungsoffene Beschreibung eines zukünftigen Produktes, welches bereits in der frühen Phase der Produktentwicklung die zentralen Aspekte eines Produktes aufgreift. Bei Bedarf kann das Produktprofil jedoch bereits Einschränkungen im Lösungsraum, wie bspw. die Verwendung bestimmter Technologien aus strategischen Gesichtspunkten, aufgreifen. (Albers, Heimicke et al., 2018)

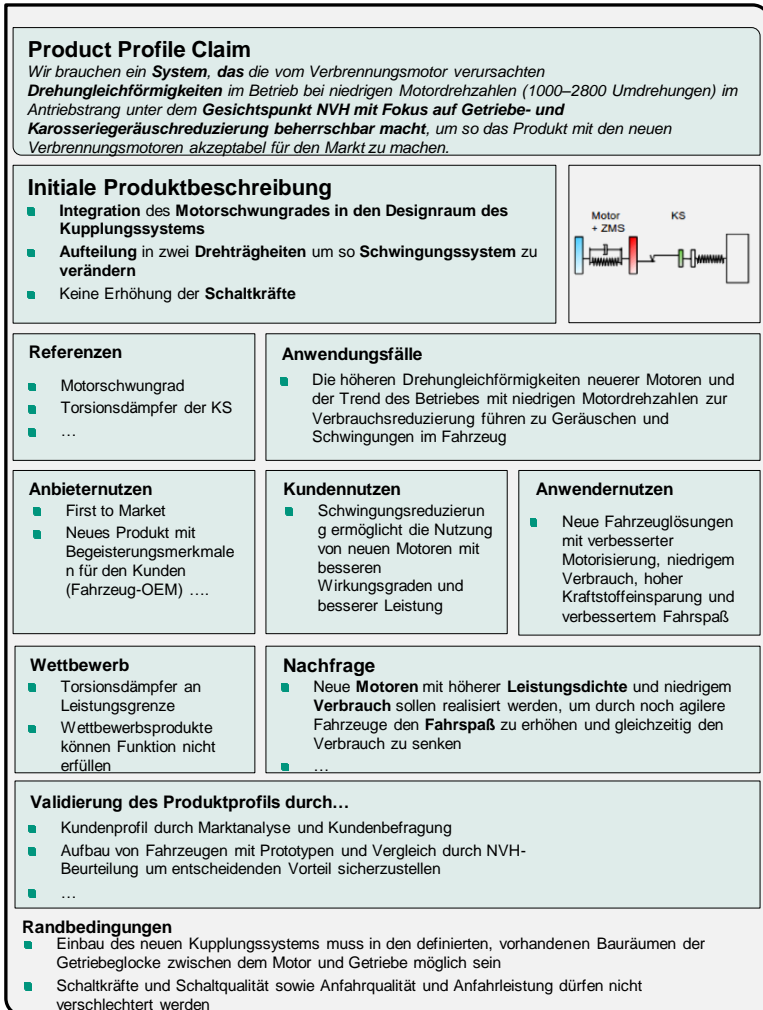


Abbildung 2.2: Modellierung des Produktprofils am Beispiel des Zweimassenschwungrades im Produktprofilschema nach Albers und Heimicke et al. (2018). Zentrale Elemente sind neben dem Produktprofilclaim, welcher den Zweck des Produktes lösungsoffen wiedergibt, die Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen des angestrebten Produktes.

Es ist weiter festzuhalten, dass eine technische Innovation oder eine Technologie nicht fest an ein bestimmtes Produktprofil gebunden ist (vgl. Albers, Heimicke et al., 2018). Bei Beibehaltung großer Teile der Produktstruktur kann das dem Produkt zugehörige Produktprofil grundlegend verändert werden. Dies ist insbesondere relevant, da die Technologiezyklen in der Regel länger sind als die Zyklen einzelner Produktgenerationen und somit unter Beibehaltung der Technologie mehrere Produkte, welche sich voneinander differenzieren, entwickelt werden müssen (vgl. Wesner, 1977). Dieses Phänomen ist auf die Degradation von Kundenzufriedenheit aufgrund einzelner Produkteigenschaften über Produktgenerationen hinweg zurückzuführen (Wesner, 1977). Ein Modell, welches diese Veränderung der Anforderungen und der zugehörigen Kundenzufriedenheit aufzeigt, ist das KANO Modell nach Kano, Seraku, Takahashi und Tsuji (1984).

Das Kano Modell, wie es in Abbildung 2.3 gezeigt ist, unterscheidet dabei verschiedene Anforderungen an ein Produkt aus Sicht des Kunden in die Bereiche Begeisterungs-, Leistungs-, und Basisanforderungen (Kano et al., 1984):

Basisanforderungen werden durch den Kunden als selbstverständlich angenommen, werden daher teilweise nicht explizit durch den Kunden formuliert und lösen bei Erfüllung keine Begeisterung aus. Die Nichterfüllung der Basisanforderung führt jedoch zu einer direkten und schweren Kundenunzufriedenheit. Ein Beispiel dafür ist das Starten eines Autos. (Kano et al., 1984)

Leistungsanforderungen hingegen können abhängig vom Erfüllungsgrad die Kundenzufriedenheit steigern und Begeisterung auslösen oder Unzufriedenheit hervorrufen. Üblicherweise vergleicht der Kunde verschiedene Angebote nach den Leistungsanforderungen wie beispielsweise mithilfe des Kriteriums Kraftstoffverbrauch. (Kano et al., 1984)

Begeisterungsanforderungen werden häufig durch den Kunden nicht direkt gefordert, steigern jedoch überproportional die Kundenzufriedenheit, wenn diese erfüllt werden, beispielsweise zum Zeitpunkt der Einführung in den Markt die Spurhalteassistenzsysteme. (Kano et al., 1984)

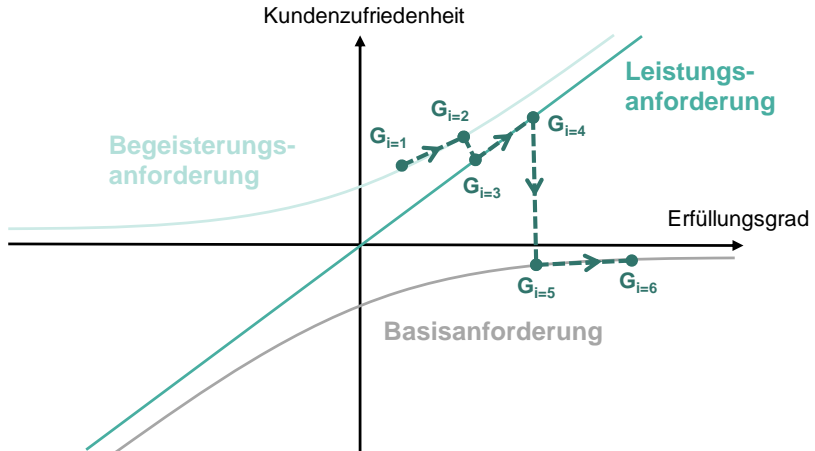


Abbildung 2.3: Das Kano Modell zeigt, welchen Beitrag Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen an die Kundenzufriedenheit liefern. Anforderungen an einzelne Produktgenerationen (G_i) migrieren über Generationen hinweg von Begeisterungs- zu Basisanforderungen. (Albers et al., 2015; Bailom, Hinterhuber, Matzler & Sauerwein, 1996; Kano et al., 1984)

Das Modell in Abbildung 2.3 zeigt auf, dass neue Produkte immer neue Begeisterungsanforderungen brauchen, da die Begeisterungsanforderungen über die Zeit zu Leistungs- und später zu Basisanforderungen migrieren. (Bailom et al., 1996) Dieses Phänomen, getrieben durch eine stetige Weiterentwicklung der Technologie, ist ein Grund dafür, dass Produkte, abgesehen von Verschleiß- und Abnutzungserscheinungen, endlichen Lebenszyklen unterliegen.

2.1.3 Lebenszyklus

Ebenso wie die Produkte an sich unterliegen auch Technologien und Branchen einem endlichen Lebenszyklus. Die Abbildung 2.4 zeigt, wie sich innerhalb einer Branche mehrere Technologiezyklen eingliedern. Innerhalb jedes dieser Technologiezyklen gibt es wiederum mehrere Produktgenerationszyklen. Mit jedem neuen Produktzyklus werden die neuen Produktgenerationen an die Anforderungen und Bedarfe aus dem Markt angepasst. (Wesner, 1977)

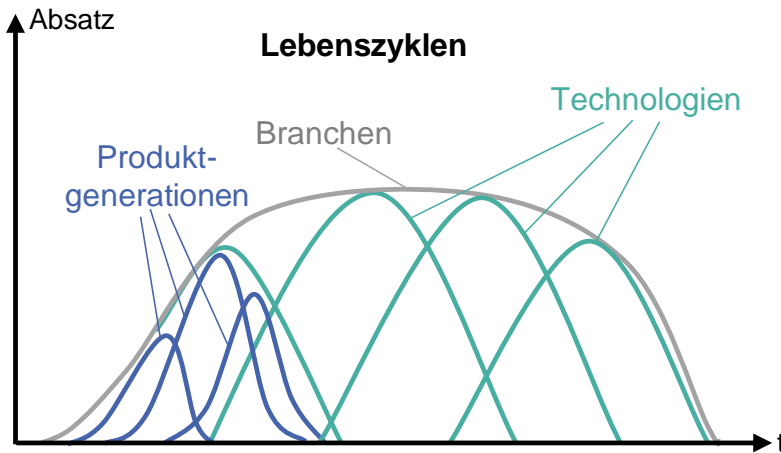


Abbildung 2.4: Lebenszyklen von Produktgenerationen nach Wesner (1977). Darstellung nach Albers et al. (2015).

Die Degradation von Anforderungen an die Produkte (Abbildung 2.3) führt dazu, dass bestehende Produkte stetig weiterentwickelt werden und nach immer neuen Innovationspotenzialen gesucht wird.

2.1.4 Frühe Phase

Die frühe Phase der Entwicklung prägt maßgeblich das spätere Produkt und nimmt somit großen Einfluss auf den Produkterfolg (Cooper & Kleinschmidt, 1993). Gleichzeitig weist jedoch die frühe Phase der Produktentwicklung eine hohe Unsicherheit im Hinblick auf die tatsächlichen Produkteigenschaften bzw. die korrelierenden Bedürfnisse der Kunden und Anwendenden auf (Herstatt & Verworn, op. 2007). So liegen zu Beginn zwar viele Freiheiten zur Gestaltung vor, jedoch kann die Tragweite der Entscheidungen nur schwer abgeschätzt werden (Erb & Storz, 2017). Die Unsicherheit ergibt sich durch die Differenz aus vorhandenen und benötigten Informationen zur geplanten Entwicklung (Galbraith, 1973). Diese Differenz kann nicht in einer Aktivität überbrückt werden, sondern es wird, um Wissenslücken zu schließen, ein iteratives Vorgehen (vgl. Kapitel 2.2.2) erforderlich (Albers, Rapp et al., 2017). In der frühen Phase der Produktentwicklung liegt somit nach Albers (2011) ein Unsicherheitsdilemma vor, da problemspezifisches Wissen notwendig ist, um die Definitionslücken zu schließen, jedoch wiederum Definitionen notwendig sind, um problemspezifisches Wissen aufzubauen. Um dieser Unsicherheit zu begegnen, müssen zum einen Eigenschaften und Funktionen früh

in der Produktentstehung mit geeigneten Modellen modelliert werden. Zum andern gilt es, der Unsicherheit in der frühen Phase mithilfe von Methoden der Vorausschau zu begegnen und so die Zielsystembildung in der frühen Phase zu unterstützen.

2.1.5 Zwischenfazit

Innovation ist zentral für den dauerhaften Erfolg eines Unternehmens. Es existiert eine Vielzahl von Auffassungen und Unterteilungen zu dem Begriff „Innovation“. Konsens besteht jedoch darin, dass Innovation mehr ist als eine reine technische Neuerung. Es bedarf ebenfalls einer Markteinführung und eines Markterfolges, um neue innovative Produkte in einem Produktportfolio zu ergänzen.

Das Innovationsverständnis nach Albers und darin enthaltene Elemente, wie das Produktprofil, bieten eine allgemeingültige Modellierung von Innovationspotenzialen der Produkte in der frühen Phase der Produktentwicklung. Gleichzeitig lässt sich die Grundauffassung einer Innovation als die Kombination von Produktprofil, Invention und Markteinführung übergreifend für alle verschiedenen Innovationsformen übertragen. Im Rahmen der Arbeit liegt der Fokus auf technischen Innovationen und dort spezifischer auf den Produktinnovationen. Die weitere Unterteilung in Innovationsformen steht aufgrund der frühen Phase nicht im Kern der Betrachtung.

Die Erschließung von Innovationspotenzialen ist keine einmalige Aktivität, sondern aufgrund der Migration von Kundenanforderungen über die Zeit werden immer neue Innovationspotenziale und damit eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Produkte im Produktportfolio erforderlich. Hierfür existieren viele verschiedene Vorgehensmodelle sowie Prozessmodelle zur Weiterentwicklung, über welche nachfolgend ein Überblick gegeben wird.

2.2 Prozesse und Vorgehen zur Weiterentwicklung von Produkten

Um neue Produkte mit hohem Innovationspotenzial an den Markt zu bringen, sind Unternehmen kontinuierlich dazu angehalten, ihre Produktportfolios weiterzuentwickeln (Cooper, 2019). Bestehende Ansätze aus dem Bereich der Vorgehens- und Prozessmodelle unterstützen Unternehmen dabei, zu entscheiden, welche Aktivitäten zu welchen Zeitpunkten und in welcher Abfolge durchgeführt werden sollten, um das Problem der Weiterentwicklung von Produktportfolios zu adressieren.

2.2.1 Problemverständnis in der Produktentstehung

Das Problemverständnis nach Dörner (1979) definiert ein Problem als die Abweichung eines unterwünschten Ist-Zustands von einem gewünschten Soll-Zustand. Albers, Burkardt, Meboldt und Saak (2005) erweitern das Problemverständnis um den Aspekt, dass der Weg vom Ist-Zustand zum Soll-Zustand mindestens teilweise unbekannt ist. Dies unterscheidet eine Problemstellung von einer Aufgabenstellung (Albers et al., 2005).

Entgegen der heterogenen Ansichten zum Begriff Innovation in Kapitel 2.1.1 besteht ein weitgehend einheitliches Problemverständnis im Kontext der Produktentwicklung (Ehrlenspiel, 2009; Feldhusen & Grote, 2013). Die Weiterentwicklung von Produktportfolios, als Kern der vorliegenden Arbeit, stellt ebenfalls eine Problemsituation nach der Definition von Albers et al. (2005) aufbauend auf Dörner (1979) dar.

Eine Überführung des aktuellen Ist-Zustands in einen gewünschten Soll-Zustand gelingt in der Produktentwicklung häufig nicht mit dem ersten Ansatz. Nachfolgend werden verschiedene Formen von Iterationen vorgestellt.

2.2.2 Iterationen

Die Produktentwicklung gelingt in den seltensten Fällen direkt im ersten Anlauf (Albers, 1994; Krehmer, Meerkamm & Wartzack, 2009). Im Regelfall sind Wiederholungen verschiedener Schritte für eine erfolgreiche und effiziente Produktentwicklung notwendig. Dabei gibt es verschiedene Formen von Iterationen in der Produktentwicklung, welche in Abbildung 2.5 gezeigt werden. (Wynn, Eckert & Clarkson, 2007)

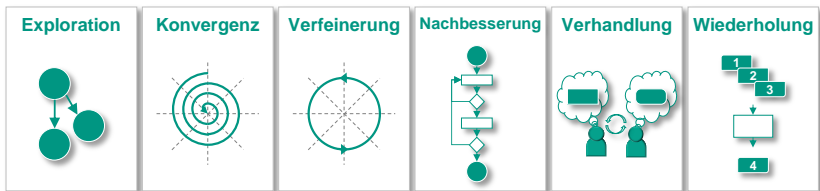


Abbildung 2.5: Verschiedene Sichtweisen auf Iterationen in der Produktentwicklung (Wynn et al., 2007). Abbildung nach Bursac (2016).

- I. **Explorations-Iteration** – Erkunden von Problemfeldern und Lösungsräumen
- II. **Konvergenz-Iteration** – Annäherung an einen definierten Zielzustand
- III. **Verfeinerungs-Iteration** – Optimieren und Verfeinern von Eigenschaften
- IV. **Nachbesserungs-Iteration** – Fehlerbehebung oder Anpassung an Randbedingungen
- V. **Verhandlungs-Iteration** – Klärung von Zielkonflikten
- VI. **Wiederholungs-Iteration** – Ähnliches Vorgehen zur Erreichung anderer Ziele

Iterationen sind im Rahmen der Produktentwicklung nicht auf eine unzureichende Planung oder vergessene Aktivitäten zurückzuführen, sondern, insbesondere in der frühen Phase der Produktentwicklung, zur Wissensgenerierung unumgänglich. Das nachfolgende Problemlösungsmodell greift Iterationen in einem übertragbaren, fraktalen Rahmenwerk auf.

2.2.3 SPALTEN

Einen universellen Problemlösungsansatz bietet die Problemlösungsmethodik SPALTEN nach Albers, Saak und Burcardt (2002). Jeder Buchstabe steht für eine eigene Aktivität, wodurch der Ansatz, wie in Abbildung 2.6 zu sehen, ein Akronym darstellt, um sich die Problemlösungsmethode einfacher merken zu können (Albers et al., 2002). Die Problemlösungsmethodik wird nach 15 Jahren in der Anwendung in einer Folgestudie positiv evaluiert (Albers, Reiss, Bursac & Breitschuh, 2016).

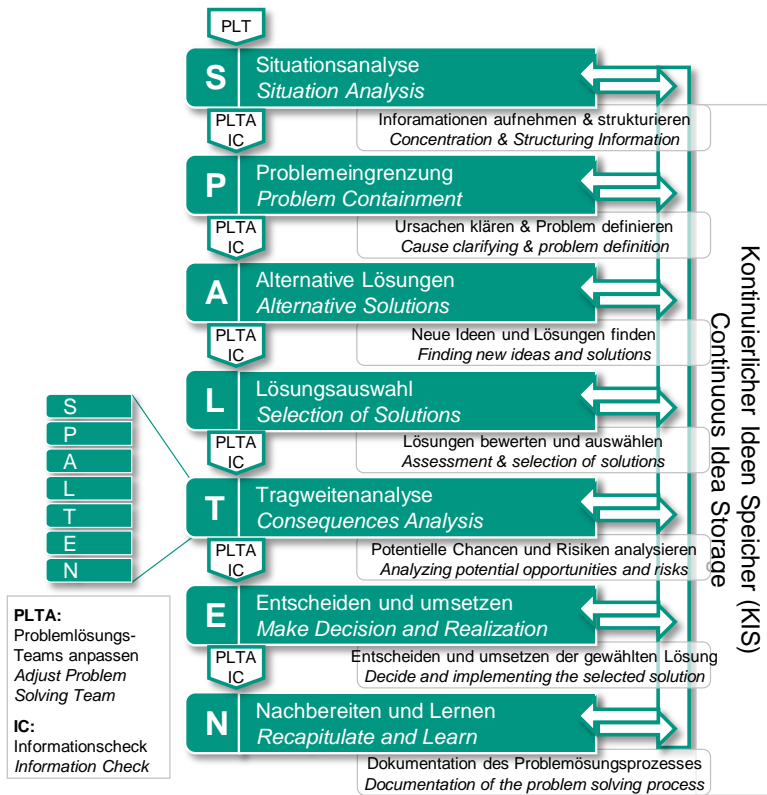


Abbildung 2.6: Die Problemlösungsmethodik SPALTEN beginnt stets mit der Zusammenstellung des Problemlösungsteams, daraufhin werden die Schritte des Akronyms durchlaufen (Albers et al., 2002). Darstellung nach Albers, Reiss, Bursac und Breitschuh (2016).

Die allgemeine Problemlösungsmethodik SPALTEN bildet gemeinsam mit dem ZHO-Modell die Grundlage für das iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell. Entsprechend wird im Folgenden das ZHO-Modell und darauf aufbauend das iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell vorgestellt. (Albers & Meboldt, 2007)

2.2.4 ZHO – Modell und iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell

Produktentstehung stellt den Prozess der Überführung eines initial vagen Zielsystems in ein stetig konkretisiertes Objektsystem durch ein Handlungssystem dar, wie in Abbildung 2.7 gezeigt (Albers, 2010).

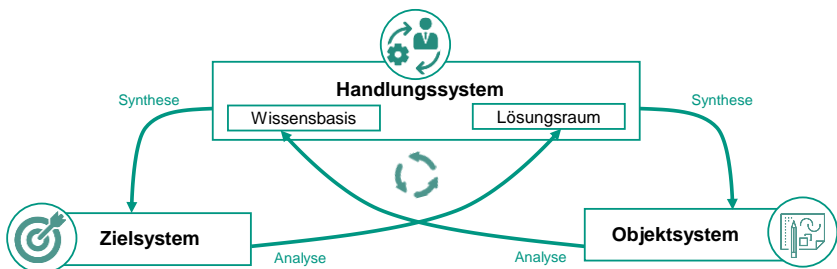


Abbildung 2.7: Das ZHO-Modell zeigt die iterative Weiterentwicklung des Ziel- und Objektsystems durch das Handlungssystem (Albers, Lohmeyer & Ebel, 2011). Abbildung adaptiert nach Lohmeyer (2013).

Das Zielsystem enthält die Ziele, Randbedingungen sowie deren Wechselwirkungen und Begründungen. Das Zielsystem wird zum Entwicklungsbeginn initial definiert und während des Produktentstehungsprozesses kontinuierlich weiterentwickelt. Das Objektsystem umfasst die Artefakte, die im Produktentstehungsprozess geschaffen werden, wie Prototypen und Dokumentationen sowie insbesondere, aber nicht ausschließlich, das Produkt selbst. Aus dem Objektsystem abgeleitete Anforderungen sind wiederum Teil des Zielsystems. Das Handlungssystem verbindet das Zielsystem mit dem Objektsystem. Dabei umfasst das Handlungssystem die notwendigen Methoden und Prozesse sowie die Ressourcen, welche zur Produktentstehung erforderlich sind. (Albers & Braun, 2011)

Die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung des Objektsystems auf Basis der Zielsystemelemente wird durch einen iterativen Wechsel zwischen Analyse- und Syntheseaktivitäten über das Handlungssystem verknüpft. Das ZHO-Modell stellt

gemeinsam mit der Problemlösungsmethodik SPALTEN die Grundlage für das iPeM – integrierte Produktentstehungsmodell nach Albers und Meboldt (2007).

Das iPeM – integriertes Produktentstehungsmodell stellt ein hoch formalisiertes Metamodell zur Ableitung von neuen Produktentwicklungsprozessen dar. Dabei findet sich das ZHO-Modell, wie in Abbildung 2.8 zu sehen, im iPeM wieder.

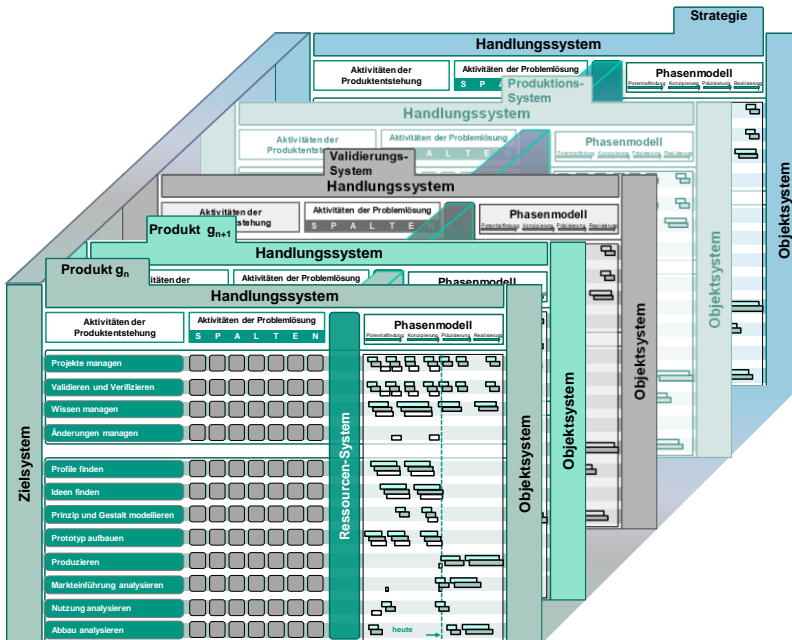


Abbildung 2.8: iPeM - integriertes Produktentstehungsmodell nach Albers und Meboldt (2007), Darstellung nach Albers, Reiss, Bursac und Richter (2016).

Das Ziel- sowie das Ressourcensystem vernetzen die verschiedenen Ebenen der Strategie, des Produktionssystems, des Validierungssystems sowie der Produktgeneration, welche sich gerade und als nächstes in der Entwicklung befindet (Abbildung 2.8). Mithilfe von Basis- und Kernaktivitäten, der Problemlösungsmethodik SPALTEN und einem Phasenmodell können mit dem iPeM beliebige Produktentstehungsprozesse modelliert werden (Albers, Reiss, Bursac & Richter, 2016). Nachfolgend wird ein Referenzmodell zur Modellierung von Entwicklungsabläufen von der Idee bis zum Anlauf der Serie vorgestellt.

2.2.5 Das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen

Das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen (Kurzname: „Vier-Zyklen-Modell“) nach Gausemeier et al. (2019) umfasst den Prozess der Entstehung neuer Marktleistungen von der Idee bis zum Serienanlauf. Der Prozess der Marktleistungsentstehung stellt hierbei keine stringente Abfolge von Phasen und Meilensteinen dar, sondern kann als mehrere Zyklen aufgefasst werden, deren Aufgaben im Wechselspiel durchlaufen werden. Das Referenzmodell besteht aus insgesamt vier Zyklen, welche jeweils einzelne Aufgabenbereiche umfassen. Die vier Zyklen adressieren (I) die strategische Produktplanung, (II) die Produktentwicklung, (III) die Dienstleistungsentwicklung sowie (IV) die Produktionssystementwicklung. Abbildung 2.9 zeigt das Referenzmodell und die darin enthaltenen vier Zyklen. (Gausemeier et al., 2019)

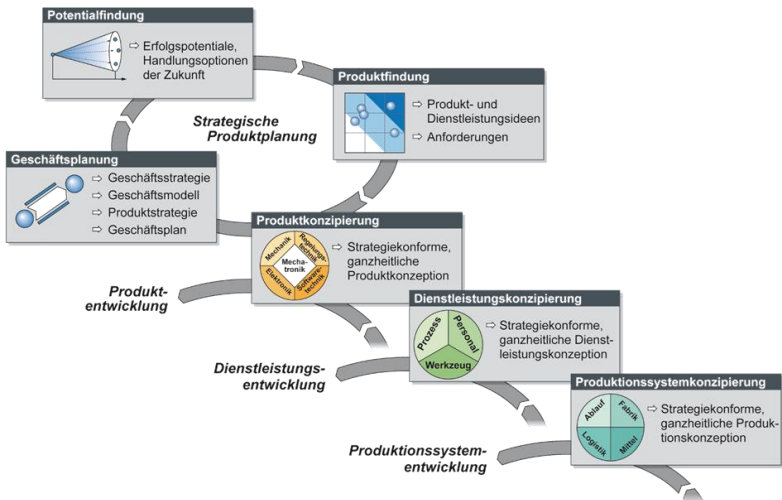


Abbildung 2.9: Das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen mit jeweils angedeuteten Entwicklungszyklen (Gausemeier et al., 2019).

(I) Erster Zyklus – strategische Produktplanung

Der erste Zyklus hat zum Ziel, das Finden von Erfolgspotenzialen der Zukunft bis zum Erstellen eines Entwicklungsauftrages zu adressieren. Die strategische Potenzialfindung umfasst dabei die Aufgabenbereiche Potenzialfindung, Produktfindung und Geschäftsplanung. Die **Potenzialfindung** beinhaltet

verschiedene Methoden der Vorausschau wie beispielsweise die Szenario-Technik oder Trendanalysen, um Erfolgspotenziale abzuleiten (Gausemeier, Fink & Schlake, 1996; Siebe & Fink, 2011). Die **Produktfindung** greift diese Erfolgspotenziale auf und befasst sich mit der Suche und Auswahl neuer Produkt- und Dienstleistungsideen. Die **Geschäftsplanung** fokussiert die Erstellung einer Geschäftsstrategie, darin enthaltene Geschäftsmodelle und die Produktstrategie. In der Produktstrategie werden Aussagen zum Produktprogramm der vom Markt geforderten Varianten, zugehörigen Technologien, deren Produktlebenszyklen und letztlich der Produktprogrammpflege über den gesamten Produktlebenszyklus getroffen. Ergebnis der Geschäftsplanung ist ein Geschäftsplan, welcher eine Aussage über die wirtschaftliche Rentabilität trifft. (Gausemeier et al., 2019)

Das Ergebnis der strategischen Produktplanung und das zentrale Bindeglied zur Produktentwicklung stellt der Entwicklungsauftrag in Abbildung 2.10 dar, welcher die gesammelten Informationen aus der strategischen Potenzialfindung aufgreift (Gausemeier & Plass, 2014; Wiederkehr, Dumitrescu & Gausemeier, 2014).

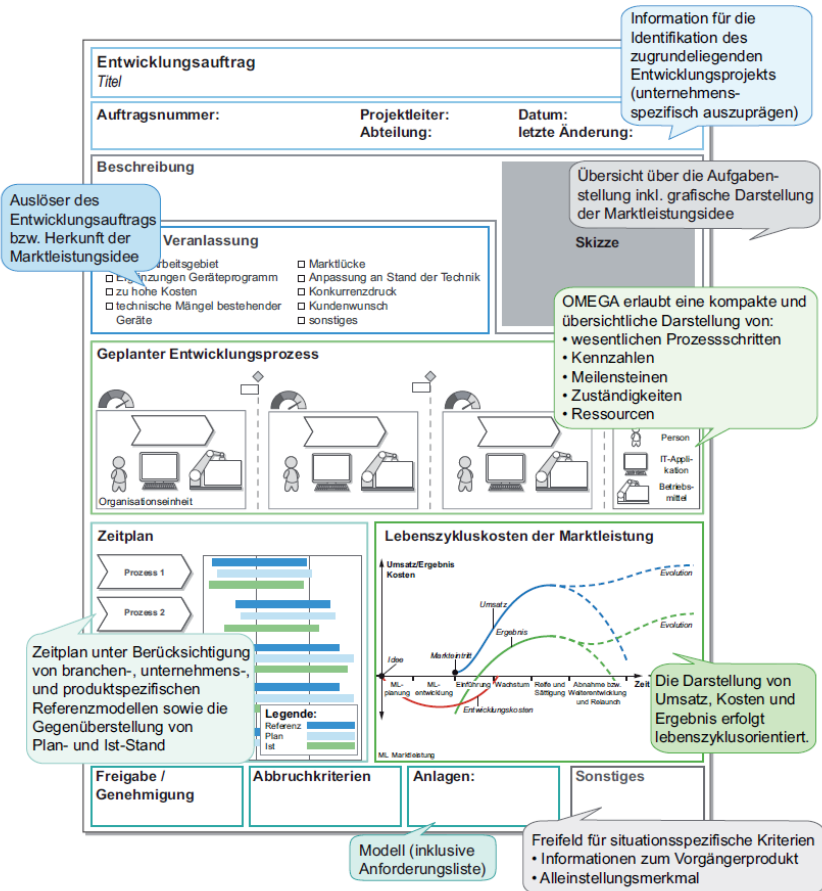


Abbildung 2.10: Der Entwicklungsauftrag als zentrales Ergebnis der strategischen Produktplanung (Wiederkehr et al., 2014).

(II) Zweiter Zyklus – Produktentwicklung

Im zweiten Zyklus, der Produktentwicklung, werden die Aufgabenbereiche **Produktkonzipierung, Entwurf und Ausarbeitung** sowie **Produktintegration** abgebildet. Die Produktkonzipierung nimmt den Entwicklungsauftrag auf und stellt ein Bindeglied zur strategischen Produktplanung dar. Ergebnis der Produktkonzipierung ist ein Systemmodell, welches ein ganzheitliches fachdisziplinübergreifendes Produktkonzept darstellt (Gausemeier et al., 2013). Das Systemmodell bildet die Ausgangsbasis für den fachdisziplinspezifischen Entwurf und die Ausarbeitung. Der dritte Aufgabenbereich im zweiten Zyklus greift die einzelnen Fachdisziplinen auf und konsolidiert diese zu einer Gesamtlösung (Gausemeier, Amshoff, Dülme & Kage, 2014; Gausemeier & Plass, 2014).

(III) Dritter Zyklus – Dienstleistungsentwicklung

Der dritte Zyklus umfasst die Aufgabenbereiche **Dienstleistungskonzipierung, Dienstleistungsplanung** und **Dienstleistungsintegration**. Ziel des Zyklus ist die Überführung einer Dienstleistungsidee in eine Marktleistung. Die Dienstleistungsidee wird in der Dienstleistungskonzipierung unter Berücksichtigung der Aspekte Personal, Prozess und Werkzeug umgesetzt (Meiren & Barth, 2002). Die Dienstleistungsplanung konkretisiert die konzeptionierte Dienstleistung weiter im Hinblick auf die Personalplanung und die Ablauforganisation der Dienstleistungserbringung und der Werkzeugplanung. Anschließend wird in der Dienstleistungsintegration die Zusammenführung der Ergebnisse vorgenommen. Abschließend erfolgt ein Review im Hinblick auf die Erfüllung der Anforderungen an die Marktleistung aus der Produktfindung. (Stark & Müller, 2012)

(IV) Viertes Zyklus – Produktionssystementwicklung

Der vierte Zyklus umfasst die Aufgabenbereiche **Produktionssystemkonzipierung, Arbeitsplanung** und **Produktionssystemintegration**. Die Arbeitsplanung umfasst weiter die Arbeitsablaufplanung, Arbeitsstättenplanung, Materialflussplanung und die Arbeitsmittelplanung. Der dritte Aufgabenschwerpunkt im vierten Zyklus widmet sich der Produktionssystemintegration. Da bereits bei der Konzeption des Produktes die Wahl der Fertigungstechnologien geprägt wird, bedarf es einer intensiven Abstimmung zwischen Produkt und Produktionssystementwicklung. (Gausemeier et al., 2019)

Das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen verbindet die Produktentwicklung und die strategische Produktplanung, welche als Grundlage für die zukunftsgerichtete Produktentwicklung dient.

2.2.6 Formen und Verständnis zukunftsgerichteter Produktentwicklung

Im Bereich der zukunftsgerichteten Entwicklung existiert eine Vielzahl an unterschiedlichen Auffassungen zu den Begriffen wie beispielsweise zukunftsrobust und zukunftsorientiert. Nachfolgend soll ein einheitliches Verständnis der verschiedenen Ausprägungen zukunftsgerichteter Entwicklung als Grundlage zur Erarbeitung des Forschungsgegenstandes für die vorliegende Arbeit erarbeitet werden.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Thümmel et al., 2022).

Dazu wird mittels einer systematischen Literaturanalyse unter Verwendung des folgenden Suchstrings in den Datenbanken *Researchgate*, *Scopus* und *ScienceDirect* nach verschiedenen Begriffsverständnissen gesucht.

("future orient*" OR "future aware*" OR "future robust*" OR "future proof*" OR "forward looking" OR "zukunftsorientiert*" OR "zukunftsgerichtet*" OR "zukunftsrobust*") AND ("product develop*" OR "product generation*")

Ausgehend von 398 Treffern wurden in der Literaturrecherche nach Entfernung der Duplikate 382 Artikel gefunden. Nach Begutachtung der Titel sind 83 relevant und nach Begutachtung der Kurzfassung verbleiben 29 Artikel. Tabelle 2.1 zeigt die identifizierten Ansätze sowie eine Bewertung, ob eine Definition vorhanden ist sowie ob diese zukunftsrobust oder zukunftsorientiert auffasst.

Tabelle 2.1: Die Ergebnisse der Literaturrecherche zeigen, dass die Begriffe zukunftsrobust und zukunftsorientiert verwendet werden, jedoch zumeist kein Begriffsverständnis eingeführt wird. Übersetzt nach Thümmel et al. (2022).

| ID | Quelle | Bezeichnung | Enthält Definition | Verwendet zukunftsorientiert | Verwendet zukunftsrobust |
|----|---|-----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1 | (Schuh et al., 2014) | zukunftsrobust | ○ | ○ | ● |
| 2 | (Dambietz, Greve & Krause, 2021) | zukunftsrobust | ● | ○ | ● |
| 3 | (Chumnumpan & Shi, 2019) | - | ○ | ○ | ○ |
| 4 | (Boesl, Bode, Liepert & Greisel, 2017) | zukunftsorientiert | ○ | ● | ○ |
| 5 | (Nitsche, Forkel & Schumann, 2019) | zukunftsorientiert | ○ | ● | ○ |
| 6 | (Jiang & Allada, 2005) | robust | ○ | ○ | ○ |
| 7 | (Andersen, Jørgensen, Lading & Rasmussen, 2004) | - | ○ | ○ | ○ |
| 8 | (Gebhardt, Spieske & Birkel, 2022) | zukunftsorientiert, zukunftsicher | ○ | ● | ● |
| 9 | (Greve & Krause, 2018) | zukunftsrobust | ● | ○ | ● |
| 10 | (Greve, Rennpferdt, Hartwich & Krause, 2019) | zukunftsrobust, langzeit-robust | ○ | ○ | ● |
| 11 | (Martin & Ishii, 2002) | robust | ○ | ○ | ● |
| 12 | (Suh, Weck & Chang, 2007) | - | ○ | ○ | ○ |
| 13 | (Hennes, 2003) | zukunftsorientiert | ○ | ● | ○ |
| 14 | (Lin, Kilicay-Ergin & Okudan, 2011) | vorausschauend | ● | ○ | ○ |
| 15 | (Lin & Okudan, 2013) | vorausschauend | ○ | ○ | ○ |
| 16 | (Lin & Kremer, 2014) | vorausschauend | ○ | ○ | ○ |
| 17 | (Marthaler, Stahl et al., 2019) | Zukunftsrobustheit | ○ | ○ | ● |

| | | | | | |
|----|---|------------------------|---|---|---|
| 18 | (Marthaler, Heimicke et al., 2019) | zukunftsorientiert | ○ | ● | ○ |
| 19 | (Marthaler, Gesk, Siebe & Albers, 2020) | - | ○ | ○ | ○ |
| 20 | (Marthaler, Stehle, Stehle, Siebe & Albers, 2020) | Zukunftsrobustheit | ● | ○ | ● |
| 21 | (Orbach & Fruchter, 2011) | - | ○ | ○ | ○ |
| 22 | (Salovaara & Mannonen, 2005) | zukunftsorientiert | ○ | ● | ○ |
| 23 | (Samet, 2011) | - | ○ | ○ | ○ |
| 24 | (Schneider, Fritz, Herberg & Kreimeyer, 2017) | - | ○ | ○ | ○ |
| 25 | (Sodhi, Sharma, Singh & Walia, 2013) | robust, vorausschauend | ○ | ○ | ● |
| 26 | (Stanko & Bonner, 2013) | - | ○ | ○ | ○ |
| 27 | (Vettorello, Eisenbart & Ranscombe, 2022) | zukunftsorientiert | ○ | ● | ○ |
| 28 | (Weidmann et al., 2018) | zukunftsorientiert | ○ | ● | ○ |
| 29 | (Zhang & He, 2020) | zukunftsorientiert | ○ | ● | ○ |

Die Analyse der identifizierten Veröffentlichungen zeigt, dass viele Artikel die Begriffe zukunftsrobust und zukunftsorientiert verwenden, jedoch keine eigenständige Definition einführen. Über die verschiedenen Ansätze hinweg konnte keine einheitliche Verwendung dieser Begriffe im Rahmen der Produktentwicklung festgestellt werden. Nachfolgend soll ein Verständnis der Begriffe zukunftsrobust, zukunftsorientiert und zukunftsicher für die vorliegende Arbeit festgelegt werden. Die Definition erhebt keinen Anspruch, den Gesamtbereich der Produktentstehung abzubilden, sondern soll lediglich für die Ausrichtung bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios an der Schnittstelle von strategischer Potenzialfindung und der Produktentwicklung nach dem Modell der SGE Anwendung finden. In Abbildung 2.11 werden drei verschiedene Ausprägungen zukunftsgerichteter Produktentwicklung anhand von sechs fiktiven Zukunftsszenarien visualisiert.

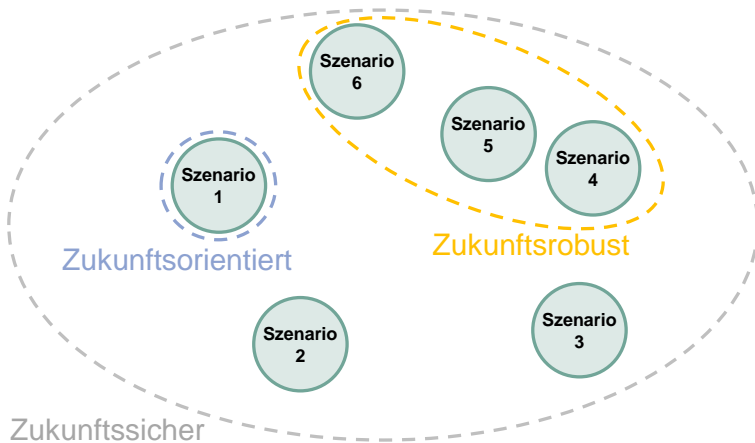


Abbildung 2.11: Verschiedene Ausrichtungen zukunftsbezogener Produktentwicklung am Beispiel von sechs fiktiven Zukunftsszenarien. Die getroffene Definition ist analog auf Trends und Prognosen anzuwenden. Die Szenarien in der Abbildung stellen mögliche alternative Zukünfte dar.

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wird „zukunftsrobuste Entwicklung“ wie folgt aufgefasst:

Als zukunftsrobuste Entwicklung wird die Ausrichtung des Produktprofils mit enthaltenem Kunden-, Anwender- und Anbieternutzen einer neuen Systemgeneration auf das Bestehen in möglichst vielen verschiedenen möglichen Zukünften verstanden. (Eigene Definition)

Das Verständnis greift damit die Definition von Zukunftsrobustheit nach Marthaler (2021, S. 219) auf, wonach Zukunftsrobustheit als „Beitrag einer Produkteigenschaft zur Kundenzufriedenheit beim Eintreten verschiedener Entwicklungen der Umfeldere“ definiert ist. Ebenso ist das Verständnis vereinbar mit der Auffassung teilrobuster Strategien nach Gausemeier et al. (2019) oder robuster Strategien nach Siebe und Fink (2011), welche mit enthaltenen Handlungsoptionen mehrere Zukünfte adressieren. Es wird also versucht eine Kombination von Zukünften zu adressieren, welche am ehesten erwartet werden, ohne dass das Produktprofil zu generisch gestaltet wird und die eintretende Zukunft nicht mehr adäquat adressiert wird (Vgl. Abbildung 2.11).

In der zukunftsorientierten Entwicklung wird der Fokus auf lediglich eine mögliche Zukunft gelegt und der Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen wird auf die erwartete Zukunft optimiert. Gausemeier et al. (2019, S. 143) führen vergleichbar die fokussierte Strategie ein, welche sich ebenfalls auf ein Szenario beschränkt: *„Eine fokussierte Strategie ist konsequent auf das Eintreten eines Szenarios ausgerichtet“*.

Eine zukunftsichere Entwicklung ist lediglich als theoretisches Konstrukt denkbar. Als zukunftsichere Entwicklung kann verstanden werden, das Produktprofil so auszurichten, dass in allen erwartbaren Zukünften das enthaltene Nutzenbündel die Bedarfe adressiert.

Die verschiedenen Ausrichtungen zukunftsgerichteter Entwicklung, wie sie in Abbildung 2.11 gezeigt sind, weisen Vor- und Nachteile auf. Die zukunftsrobuste Entwicklung beispielsweise wendet mehr Ressourcen auf als für die Bewältigung der Anforderungen der später eintretenden Zukunft erforderlich wären, da die Kombination von Ansprüchen aus verschiedenen Zukünften adressiert werden muss (Gausemeier et al., 2019). Das Produktprofil und somit das spätere Produkt am Markt können nicht so präzise auf die eintretende Zukunft adaptiert werden wie bei der zukunftsorientierten Entwicklung. Bei Eintreten der fokussierten Zukunft wird das Produktprofil mit der zukunftsorientierten Entwicklung besser auf diese zugeschnitten sein und das zugehörige Produkt ein höheres Innovationspotenzial aufweisen. Im Falle jedoch, dass die fokussierte Zukunft nicht eintritt, sondern ein angrenzendes Zukunftsszenario, kann die zukunftsrobuste Entwicklung aufwarten, da diese versucht, den optimalen Kompromiss zwischen Berücksichtigung verschiedener Zukünfte und Ausrichtung und Spezifikation des Produktprofils zu bilden. (Thümmel et al., 2022)

Eine zukunftsichere Entwicklung stellt den theoretischen Extremfall dar, dass ein Produkt entwickelt werden soll, welches in allen denkbaren Zukünften bestehen kann. Eine derart breite Ausrichtung des Produktprofils hätte jedoch zur Folge, dass das Potenzial für eine Innovation deutlich geringer ausfällt als bei spezifisch auf eine oder einzelne Zukünfte ausgeprägten Produktprofilen. Sobald ein Wettbewerber über eine zukunftsorientierte oder zukunftsrobuste Entwicklung ein Produkt an den Markt bringt, wird dieses erwartbar das zukunftsicher entwickelte Produkt verdrängen.

Nachfolgend werden zwei Ansätze aus dem Bereich der zukunftsgerichteten Entwicklung vorgestellt.

2.2.7 Ansätze zukunftsgerichteter Produktentwicklung

Nachfolgend werden zwei Vorarbeiten vorgestellt, welche sich unmittelbar mit der Kombination von Methoden der Vorausschau als Teil der strategischen Produktplanung in die Produktentwicklung beschäftigt haben, jedoch den Aspekt der Produktportfolioentwicklung noch nicht aufgreifen. Hierzu wird zum einen ein dreistufiges Vorgehen zur systematischen Überführung von Szenarien in Produktprofile vorgestellt (Kapitel 2.2.7.1) sowie zum anderen ein Ansatz zur zukunftsorientierten Identifikation und Bewertung von Produkteigenschaften (Kapitel 2.2.7.2).

2.2.7.1 Überführen von Szenarien in Produktprofile

Hirschter et al. (2018) stellen einen *Ansatz zur systematischen Überführung von Szenarien in Produktprofile in der frühen Phase der PGE* vor. Der Ansatz hat zum Ziel, Ergebnisse aus Methoden der Vorausschau für die Zielsystembildung (vgl. Kapitel 2.2.4) in der frühen Phase der Produktentwicklung nutzbar zu machen. Der Ansatz schlägt im Kern ein Vorgehensmodell basierend auf drei Schritten vor, welche nicht zwangsläufig sequenziell zu durchlaufen sind. Das Vorgehensmodell ist in Abbildung 2.12 zu sehen (Hirschter et al., 2018).

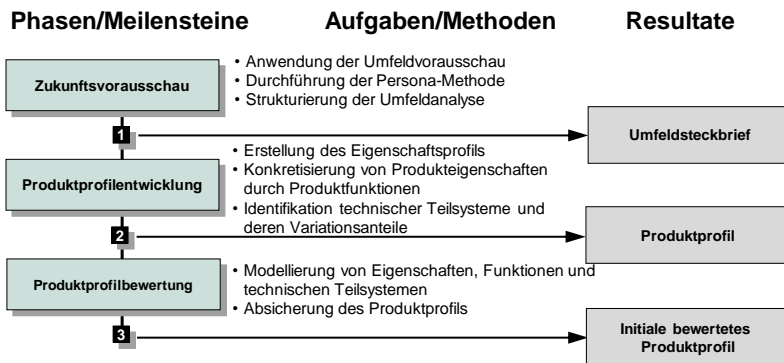


Abbildung 2.12: Das Vorgehensmodell zur zukunftsorientierten Produktprofilentwicklung und Bewertung umfasst drei Schritte. Abbildung adaptiert nach Hirschter et al. (2018).

Beginnend bei einer Umfeldvorausschau werden im **ersten Schritt** mithilfe der Szenariotechnik nach Gausemeier und Plass (2014) Zukunftsszenarien erarbeitet. Mithilfe der Persona-Methode (Walter, Albers, Haupt & Bursac, 2016) werden die Bedürfnisse der Kunden aus den Umfeldszenarien spezifiziert. Die Ergebnisse der

beiden Aktivitäten werden in einem Steckbrief strukturiert dokumentiert. Im **zweiten Schritt** wird eine Differenzierung des geplanten Produkts gegenüber dem Referenzsystemelement über Produkteigenschaften herausgearbeitet. Diese werden weiter über Produktfunktionen konkretisiert (Kapitel 2.3.4). Mithilfe eines funktionalen Produktsteckbriefs werden zugehörige technische Teilsysteme identifiziert und deren Variationsanteile bestimmt. Der **dritte Schritt** umfasst im Sinne des MBSE – Model Based Systems Engineering die Modellierung von Produkteigenschaften, -funktionen und zugehörigen Teilsystemen. Im **letzten Schritt** des Vorgehens wird eine Bewertung des Produktprofils durch einen Abgleich zwischen dem lösungsspezifischen technischen Konzept und dem lösungsoffenen Produktprofil durchgeführt. (Hirschter et al., 2018)

2.2.7.2 Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung

Ein Ansatz zur zukunftsorientierten Entwicklung von Produkten in Form einer *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* wird in Marthaler (2021) gegeben. Die Systematik ermöglicht es, zur Modellierung zukünftiger Produkte zukunftsrobuste Produkteigenschaften zu identifizieren und für die Entwicklung zu priorisieren. Der Ansatz liefert damit einen Beitrag zur Entscheidung, wie die Produkteigenschaften zukünftiger Produktgenerationen gestaltet werden können. (Albers, Marthaler et al., 2022)

Die *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* nach Marthaler (2021) besteht aus drei Modulen. Innerhalb des ersten Moduls, der Ist-Analyse, werden heute relevante Produkteigenschaften analysiert. Aufbauend darauf werden im zweiten Modul, der Soll-Analyse, zukünftig relevante Produkteigenschaften synthetisiert. Im dritten Modul, der Delta-Analyse, werden die Produkteigenschaften bewertet und in einer generationsübergreifenden Roadmap priorisiert. Abbildung 2.13 zeigt den Ablauf der Systematik nach Marthaler (2021). Nachfolgend werden die einzelnen Analysestufen kurz vorgestellt.

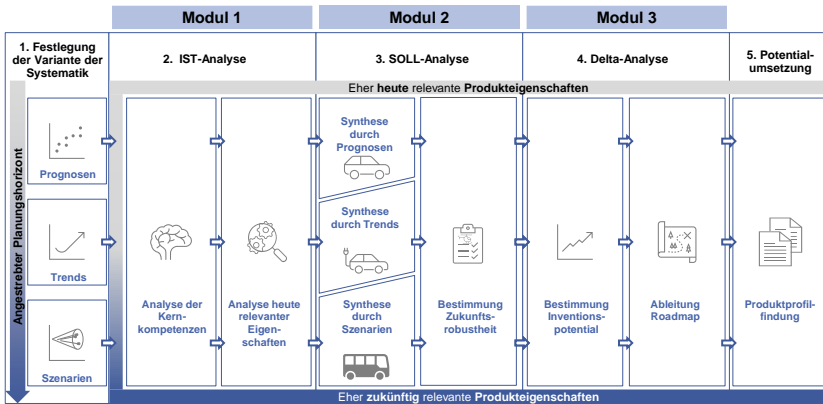


Abbildung 2.13: Eine Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung (Albers, Marthaler et al., 2022).

Vor dem Durchlaufen der einzelnen Analyse-Schritte wird der Zeithorizont der Systematik festgelegt. Dabei nimmt der angestrebte Planungshorizont von Prognosen (kurzfristig) über Trends (mittelfristig) bis hin zu Szenarien (langfristig) zu.

Innerhalb des zweiten Schritts, der Ist-Analyse, wird eine Kernkompetenzanalyse des Unternehmens durchgeführt sowie die heute relevanten Produkteigenschaften durch die Betrachtung von aktuell am Markt befindlichen Produkten ermittelt. (Albers, Marthaler et al., 2022)

Innerhalb des dritten Schritts, der Soll-Analyse, werden zukünftig relevante Produkteigenschaften identifiziert. In Abhängigkeit vom Planungshorizont werden unterschiedliche Methoden der Vorausschau eingesetzt. Anschließend werden die Produkteigenschaften hinsichtlich ihrer Zukunftsrobustheit bewertet (Albers, Marthaler et al., 2022). Hierzu wird mittels des Kano Modells (Kano et al., 1984) eine Eigenschaftsbewertung vorgenommen. Ebenfalls werden die Eigenschaften in Abhängigkeit vom Zeithorizont, in dem sie relevant sind, bewertet. Aus der Einordnung nach Begeisterungs-, Leistungs- und Basiseigenschaften sowie der zeitlichen Einordnung wird eine Relevanzbewertung gebildet. (Marthaler, 2021)

Innerhalb des vierten Schritts, der Delta-Analyse, wird das Innovationspotenzial einer Produkteigenschaft als Kombination der Bewertungen der Zukunftsrobustheit sowie des Innovationspotenzials abgeleitet. Dabei ergeben sich für die Priorisierung in der Umsetzung der Produkteigenschaften vier Fälle: Frühe, mittelfristige, späte

und keine Variation. Die Fallunterscheidung stellt die Grundlage für die darauffolgende generationsübergreifende Entwicklungs-Roadmap dar, welche auf Eigenschaftsebene aufzeigt, wann welche Eigenschaft umgesetzt werden sollte. (Marthaler, 2021)

Die erarbeiteten Ergebnisse dienen abschließend als Grundlage für eigenschaftsspezifische Kreativworkshops, um Produktprofile abzuleiten. Die Systematik stellt damit einen Ansatz dar, um zukünftig relevante Produkteigenschaften zu identifizieren und zu priorisieren.

2.2.8 Zwischenfazit

Die Gemeinsamkeit bei den Vorgehens- und Prozessmodellen besteht darin, dass diese Produktentwickelnde bei der Überführung eines aktuell unerwünschten Ist-Zustands in einen angestrebten Soll-Zustand anleiten. Die einzelnen Vorgehensmodelle liefern auf unterschiedlichen Detaillierungs- und Formalisierungsebenen Unterstützungspotenziale.

Die allgemeine Problemlösungsmethodik SPALTEN stellt beispielsweise einen fraktalen und auf beliebige Problemstellungen übertragbaren Ansatz dar, welcher gemeinsam mit dem ZHO-Modell die Grundlage für das iPeM - integrierte Produktentstehungsmodell als Metamodell zur Modellierung von Produktentstehungsprozessen bildet. In der Industrie stark verbreitet findet sich das V-Modell als Teil der VDI 2206.

Das *Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen* greift in vier Zyklen, jeweils iterativ und ohne starr festgelegte Reihenfolge, die Durchführung von Hauptaufgaben auf. Innerhalb der strategischen Produktplanung werden mithilfe von Methoden der Vorausschau in der Potenzialfindung Innovationspotenziale gesucht, welche über die Produktfindung in Produktideen überführt werden. Innerhalb der strategischen Produktplanung wird die Zukunftsorientierung des späteren Produktes festgelegt und über einen Entwicklungsauftrag in den zweiten Zyklus der Produktentwicklung übergeben.

Das Verständnis für zukunftsgerichtete Produktentwicklung wird innerhalb des Kapitels gegenüber dem Stand der Forschung über eine systematische Literaturrecherche diskutiert und drei Formen zukunftsgerichteter Produktentwicklung werden festgehalten: zukunftsorientiert, zukunftsrobust und zukunftsicher. Anschließend an die Definition zukunftsgerichteter Produktentwicklung werden zwei Ansätze genauer betrachtet.

Das dreistufige *Vorgehen zur Überführung von Szenarien in Produktprofile* stellt einen ersten Ansatz dar, Methoden der Vorausschau mit der Entwicklung in Generationen nach dem Modell der SGE zu kombinieren. Hirschter et al. (2018) geben in Übereinstimmung mit Albers, Dumitrescu et al. (2018) an, dass jedoch weiterer Bedarf besteht, die Zukunftsvorausschau in die Entwicklung mit dem Modell der SGE zu integrieren.

Einen Schritt in diese Richtung wird mit der *Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung* gegangen (Marthaler, 2021). Der Ansatz ermöglicht die Integration von Ergebnissen aus Methoden der Vorausschau über die Identifikation und Bewertung zukunftsrelevanter Produkteigenschaften und überführt diese mithilfe von vier Fallunterscheidungen in eine Roadmap. Eine Erweiterung zur Beschreibung von mehreren Produkten in Form von Produktportfolios sowie die Integration von Störgrößen als Einfluss und intrinsische Auslöser für die Weiterentwicklung stehen jedoch noch aus.

Vorgehensmodelle geben dabei einen Hinweis auf die durchzuführenden Aktivitäten in der Produktentstehung. Um die Zusammenhänge und Wechselwirkungen aktueller Produkte zu modellieren, werden korrelierende Beschreibungsmodelle benötigt. Ein Einblick hierzu wird innerhalb des nachfolgenden Kapitels 2.3 gegeben.

2.3 Beschreibung der Weiterentwicklung von Produkten

Als zweiter Baustein sind in Ergänzung zu den prozess- und aktivitätsorientierten Vorgehensmodellen Beschreibungsmodelle erforderlich. Ziel von Beschreibungsmodellen ist es, den Zustand aus der Realität bestmöglich für verschiedene Domänen abzubilden. Hierzu wird zunächst auf die Grundlagen der Modellbildung eingegangen. Aufbauend darauf wird die Beschreibung von Entwicklungsvorgängen auf Basis von Referenzen mithilfe des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung erläutert.

2.3.1 Modelltheorie

Die allgemeine Modelltheorie nach Stachowiak (1973) beschreibt die Modellbildung mithilfe von drei Merkmalen:

- Das **Abbildungsmerkmal** sagt aus, dass Modelle stets die Abbildung von Originalen darstellen. Diese Originale können einem fraktalen Charakter folgend selbst wieder Modelle sein. (Stachowiak, 1973)
- Das **pragmatische Merkmal** sagt aus, dass Modelle stets einem Zweck dienen. Modelle erfüllen eine Ersatzfunktion für bestimmte Zeitintervalle und Subjekte im Hinblick auf bestimmte Operationen. (Stachowiak, 1973)
- Das **Verkürzungsmerkmal** beschreibt, dass Modelle nicht alle Attribute eines zugehörigen Originals aufweisen, sondern lediglich die Attribute aufgreifen, welche den Nutzern relevant zur Abbildung erscheinen. (Stachowiak, 1973)

Modelle bilden nicht die zugehörigen Originale in vollem Umfang ab, sondern werden je nach Zweck auf die wesentlichen Attribute reduziert. Durch die unterschiedlichen Zwecke der Modellierung sind diese Einzelmodelle häufig nicht mehr zueinander kompatibel. Diese Inkompatibilität der einzelnen Modelle wird als Reduktionsdilemma bezeichnet. Mit Ansätzen der Systemtheorie wird versucht, ein Regelwerk zur Abbildung von Systemen zu schaffen, um dem Reduktionsdilemma zu begegnen und durchgängige Produktmodelle zu schaffen. (Albers, 2010; Stachowiak, 1973)

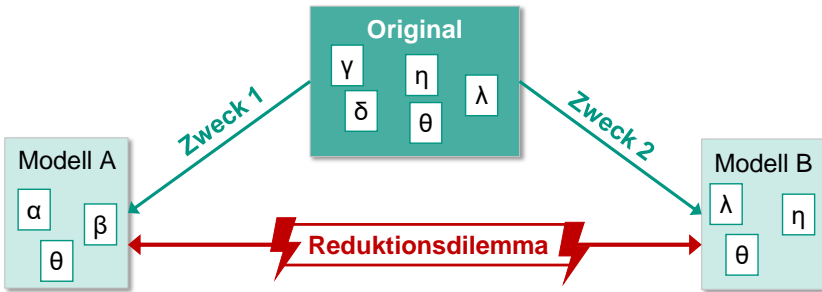


Abbildung 2.14: Das Reduktionsdilemma entsteht, wenn zu unterschiedlichen Zwecken Modelle abgeleitet werden, welche nicht zueinander konsistent bleiben (Stachowiak, 1973). Abbildung in Anlehnung an Bursac (2016).

2.3.2 Systemtheorie

Die allgemeine Systemtheorie nach Ropohl (1979) stellt die Grundlage für die Systemtheorie der Technik dar, nach welcher der Systembegriff in drei Konzepte unterteilt wird (Abbildung 2.15):

- Das **funktionale Konzept** legt den Fokus auf das Systemverhalten, welches sich durch die Wechselwirkung mit der Umgebung definiert. Das System selbst und seine interne Modellierung wird als „Blackbox“ dargestellt. (Ropohl, 1979)
- Das **strukturelle Konzept** orientiert sich an der Vernetzung innerhalb des Systems, um die Systemeigenschaften abzubilden. Die Modellierung geschieht hier anhand der Elemente und Relationen des Systems. (Ropohl, 1979)
- Das **hierarchische Konzept** unterteilt die Systeme in verschiedene Ebenen. Wie in Abbildung 2.15 gezeigt, werden ausgehend von dem System die Ebenen Subsystem und Supersystem eingegliedert. (Ropohl, 1979)

Das hierarchische Konzept findet im Bereich der Produktarchitekturen (Kapitel 2.4) Anwendung, wie beispielsweise bei der Unterteilung von Produktlinien in Produktfamilien und Produktvarianten, welche sich wiederum aus mehreren Subsystemebenen zusammensetzen. (Krause & Gebhardt, 2018; Meyer et al., 2021)

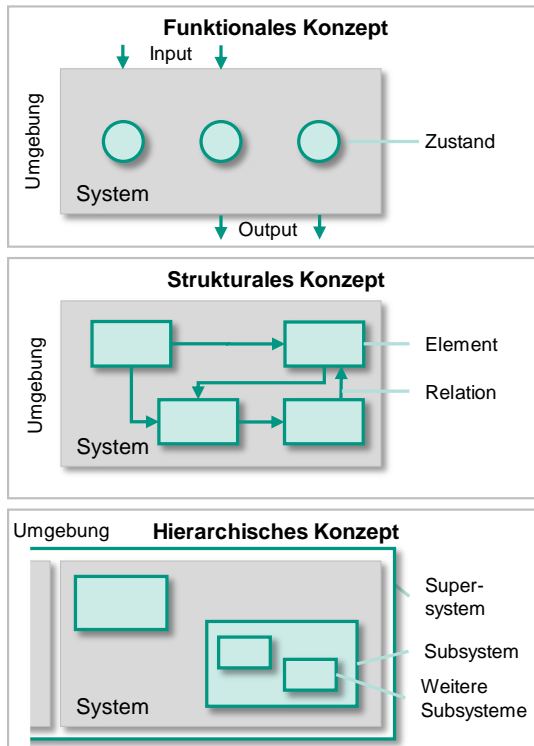


Abbildung 2.15: Konzepte der Systemtheorie nach Ropohl (2009).

2.3.3 Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung

Die Entwicklung von neuen Systemen und Produkten startet in der Praxis nicht auf dem weißen Blatt Papier (Albers et al., 2015). Stattdessen werden neue Systeme immer auf Basis von Referenzen entwickelt. Etablierte Ansätze, wie die Einteilung in Konstruktionsarten nach Pahl und Beitz (Feldhusen & Grote, 2013), können die breite Spanne und erforderliche, detaillierte Differenzierung in der Entwicklung nicht abbilden. (Albers et al., 2015)

Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach ALBERS stellt ein Beschreibungsmodell dar, welches in der Lage ist, die phänomenologischen

Zusammenhänge in der Produktentwicklung formal korrekt zu beschreiben. Das Modell stellt mit dem Beschreibungsansatz weiter die Basis zur Entwicklung neuer Methoden, Prozesse und Tools für die Entwicklung neuer Produkte. (Albers & Rapp, 2022)

Das Modell der SGE beruht auf zwei zentralen Hypothesen:

- Die Entwicklung neuer Systeme basiert immer auf Referenzen, aus welchen spezifische Elemente in das Referenzsystem zur Modellierung der Wechselwirkungen zwischen den Referenzsystemelementen (RSE) aufgenommen werden (vgl. Abbildung 2.16). Referenzsystemelemente können hierbei aus Wettbewerbsprodukten oder Vorgängergenerationen entnommen werden, aber auch aus anderen Branchen und Anwendungsbereichen oder auch der Forschung entstammen. (Albers et al., 2015; Albers et al., 2019; Albers & Rapp, 2022)
- Die Weiterentwicklung von Elementen aus dem Referenzsystem geschieht immer über eine Kombination der drei Variationsarten: Übernahme-, Ausprägungs- und Prinzipvariation. (Albers et al., 2015; Albers & Rapp, 2022)

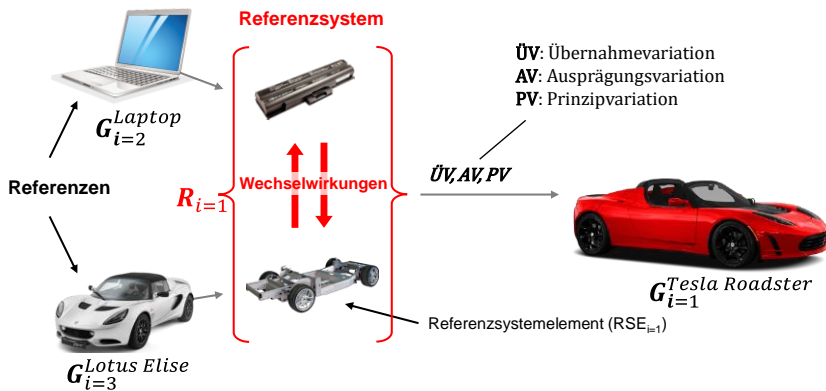


Abbildung 2.16: Das Referenzsystem stellt das zentrale Modellelement des Modells der SGE dar, welches einzelne Teilsysteme aus Referenzen, wie bestehenden Systemen und Produkten, als Elemente aufgreift, deren Wechselwirkung modelliert und die Entwicklungsaktivität mittels der Variationsoperatoren auf die zu entwickelnde Systemgeneration abbildet. Abbildung adaptiert nach Albers et al. (2019).

Die drei Variationsarten werden weiter wie folgt aufgefasst und in Abbildung 2.17 am Beispiel einer Brandmeldeanlage aufgezeigt:

- **Übernahmevariation (ÜV):** Bei der Aktivität Übernahmevariation wird zur Entwicklung eines Teilsystems einer neuen Systemgeneration das Element aus dem Referenzsystem übernommen und lediglich an den Schnittstellen aufgrund der Systemintegration angepasst. (Albers et al., 2015; Albers & Rapp, 2022)
- **Ausprägungsvariation (AV):** Bei der Ausprägungsvariation werden zur Entwicklung eines Teilsystems die Elemente und Verknüpfungen innerhalb des Teilsystems im Prinzip erhalten, jedoch die Ausprägung teilweise variiert. Sofern ein rein physisches Teilsystem variiert wird, kann auch von Gestaltvariation (GV) gesprochen werden. (Albers et al., 2015; Albers & Rapp, 2022)
- **Prinzipvariation (PV):** Bei der Prinzipvariation werden ausgehend von einem Teilsystem des Referenzsystems Elemente und Verbindungen hinzugefügt oder entfernt. (Albers et al., 2015; Albers & Rapp, 2022)

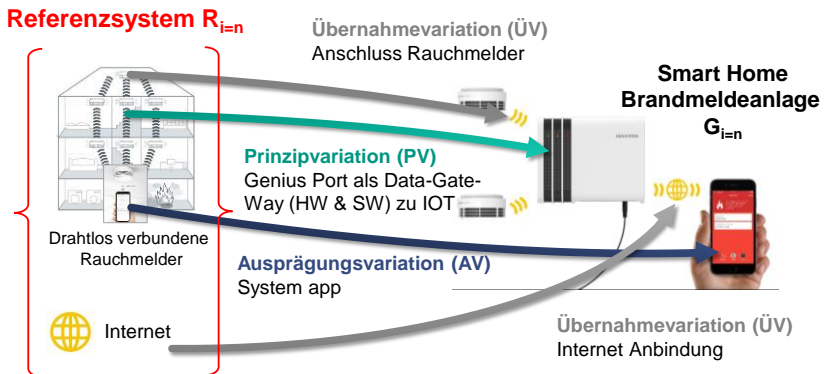


Abbildung 2.17: Die drei Variationsarten am Beispiel einer Smart Home Brandmeldeanlage. Abbildung in Anlehnung an Albers und Rapp (2022).

Die beiden Hypothesen des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung lassen sich ebenfalls in eine mathematische Darstellung überführen. $\dot{U}S_i$, AS_i und PS_i geben dabei die Teilmengen der Variationsanteile an, welche über den Variationsoperator V ausgehend von den Elementen im Referenzsystem R_i bei der Entwicklung einer Systemgeneration G_i gebildet werden.

$$R_{i=n} \xrightarrow{V} G_{i=n} = \ddot{U}S_{i=n} \cup AS_{i=n} \cup PS_{i=n} \quad (2.1)$$

Für den Anteil der Prinzipvariation $\delta_{PS_{i=n}}$ einer Produktgeneration gilt beispielsweise:

$$\delta_{PS_{i=n}} = \frac{|PS_{i=n}|}{|PS_{i=n} \cup AS_{i=n} \cup \ddot{U}S_{i=n}|} [\%] \quad (2.2)$$

Analog lässt sich die Formel für den Anteil an Ausprägungs- und Übernahmevariation umstellen (Albers et al., 2015).

Die Systemgeneration $G_{i=n}$ beschreibt die Systemgeneration, welche aktuell in der Entwicklung ist und als nächstes in den Markt kommt. Entsprechend beschreibt $G_{i=n-1}$ die Generation, die gerade am Markt ist und sich zuletzt in der Entwicklung befand. Analog zu den Systemgenerationen lässt sich mit dem Modell der SGE die Produktentwicklung weiter unterteilen in Entwicklungsgenerationen auf dem Weg zu einer nächsten Systemgeneration. Der Laufindex i der Systemgeneration sowie der Laufindex j der Entwicklungsgeneration $E_{i,j}$ in dem Metamodell der SGE können über die Anwendung der Ontologie der SGE durch konkrete Zahlen der jeweiligen Generation ersetzt werden. Darüber hinaus können über den Exponenten weitere Informationen zur jeweiligen Systemgeneration angebracht werden.

$$G_i^{\{\text{Produkt Linie, Variante, Kunde, Anwender, ...}\}} \text{ mit } i \in \mathbb{N}.$$

$$E_{i,j}^{\{\text{Produkt Linie, Variante, Kunde, Anwender, ...}\}} \text{ mit } i, j \in \mathbb{N}.$$

$$R_{i(j)}^{\{\text{Produkt Linie, Variante, Kunde, Anwender, ...}\}} \text{ mit } i, j \in \mathbb{N}.$$

Mithilfe der Entwicklungsgenerationen lässt sich der Reifegradzugewinn bspw. in der Entwicklung einer Thermosimulation beschreiben. Abbildung 2.18 zeigt mehrere Entwicklungsgenerationen einer Designmethode zur Optimierung eines elektrisch-hydraulischen Aktuators.

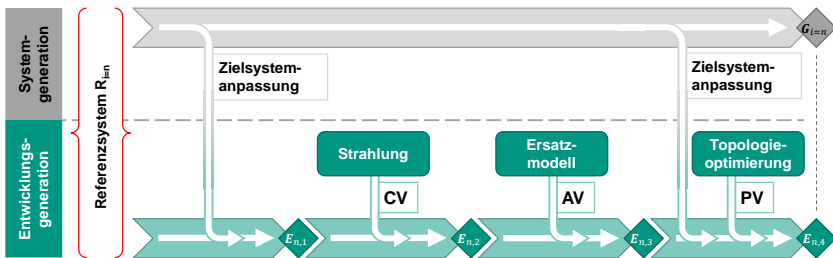


Abbildung 2.18: Entwicklungsgenerationen einer Thermosimulation für elektrisch-hydraulische Aktuatoren adaptiert nach Knecht, Schlegel, Kempf und Albers (2024).

Eine Systemgeneration wird im spezifischen Fall als Produktgeneration gesehen, wenn es sich bei dem vorliegenden System um ein am Markt durch einen Kunden als Produkt wahrgenommenes System handelt, wie es bspw. bei einem Tesla Roadster der Fall ist (Albers & Rapp, 2022). Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung ist ebenso für die Entwicklung von Systemen anwendbar, welche nicht durch einen unmittelbaren Kunden als „Produkt“ wahrgenommen werden, bspw. die Entwicklung eines Prüfstandes, einer Simulationsumgebung, wie in Abbildung 2.18 gezeigt, oder der Geschäftsstrategie (Stammnitz, Schlegel, Pfaff & Albers, 2023).

Ebenfalls ist die Entwicklung von Varianten eines Produktes im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung beschreibbar. Nach Peglow, Powelske, Birk, Albers und Bursac (2017) wird eine Systematik zur Einordnung im unternehmenseigenen Produktportfolio danach vorgeschlagen, ob eine Erarbeitung eines neuen Objekts eine Variante oder eine neue Produktgeneration darstellt. Eine Variante wird nach Peglow als eine Systemgeneration verstanden, welche ein hohes Maß an Übernahmevariation zu ihrem Varianten-Referenzprodukt als zentrales Element des Referenzsystems aufweist, demselben Produktlebenszyklus unterliegt und weitgehend zeitgleich am Markt existiert. Gegenüber dem Referenzprodukt grenzt sich die Variante durch die Differenzierung charakteristischer Merkmale ab, um individuelle Kunden und Marktanforderungen zu adressieren. (Peglow et al., 2017)

Das entstehende Entwicklungsrisiko durch Entwicklungsaktivitäten, um individuelle Kunden- und Marktanforderungen zu adressieren, kann ebenfalls mit dem Modell der SGE bewertet werden. Wie Abbildung 2.19 zeigt, steigt mit zunehmendem Neuentwicklungsanteil über Prinzip- und Gestaltvariation das zugehörige Entwicklungsrisiko. Der Neuentwicklungsanteil ist jedoch nicht alleinig

ausschlaggebend. Die Herkunft und das zugehörige Wissen über die Referenzsystemelemente bilden die zweite Dimension des Risikoportfolios. Je weiter entfernt vom eigenen Entwicklungsteam die Abstimmung des Referenzsystemelements gelegen ist, desto höher wird auch das Entwicklungsrisiko, selbst bei bspw. einer Übernahmevariation aus aktueller Forschung mit geringem Kenntnisstand über das RSE kann eine Integration versteckte Risiken mit sich bringen, da die Funktionsweise und Wirkzusammenhänge über die Schnittstellen nicht richtig beurteilt werden können. (Albers, Rapp et al., 2017)

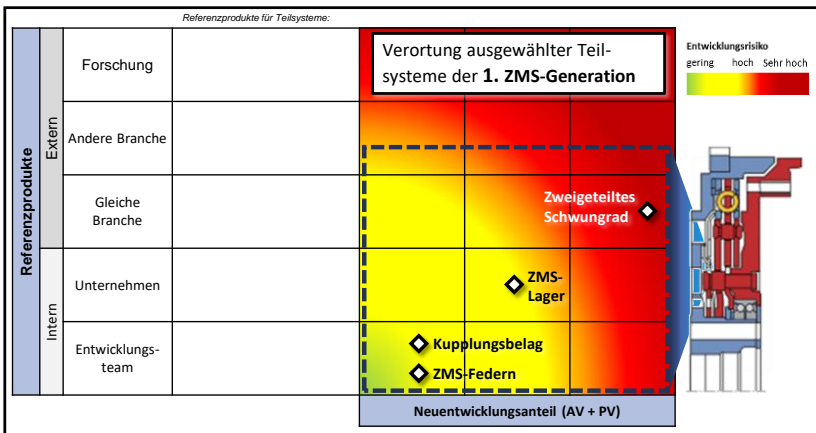


Abbildung 2.19: Das Risikoportfolio basierend auf dem Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung am Beispiel des ZMS – Zweimassenschwungrades. Abbildung adaptiert nach Albers und Rapp et al. (2017).

Um den Anteil an erforderlicher Neuentwicklung bestimmen zu können, müssen zuvor die zukünftigen Kunden- und Marktanforderungen antizipiert werden. Gerade in der frühen Phase der Produktentwicklung stellt die Identifikation und Übersetzung von Bedarfen in Ziele und letztlich Produkthanforderungen eine zentrale Herausforderung dar. Nachfolgend wird auf die zentrale Schwierigkeit in der frühen Phase eingegangen.

2.3.4 Modellieren von Eigenschaften und Funktionen

Die Modellierung von Produkten in der frühen Phase der Produktentwicklung macht es aufgrund des Unsicherheitsdilemmas erforderlich, die lösungsoffene mit der lösungsbezogenen Beschreibung von Systemen zu verknüpfen.

Zur Modellierung der Produkte aufbauend auf den Anforderungen wird nach Ehrlenspiel und Meerkamm (2017) in vier horizontale Ebenen: Funktion, Physik, Gestalt und Fertigung unterschieden. Albers et al. (2020) erweitern die ebenenbezogene Sichtweise und stellen, wie in Abbildung 2.20 gezeigt, ein generisches Referenzmodell zur Modellierung von Systemen zur Verfügung.

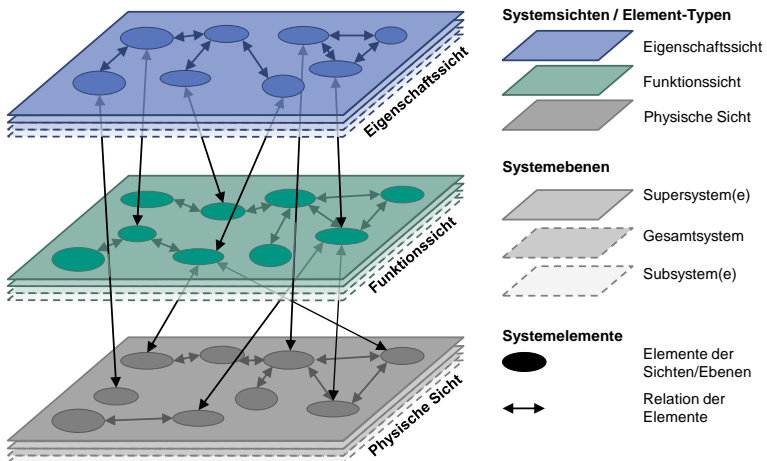


Abbildung 2.20: Das Referenzproduktmodell nach Albers et al. (2020) untergliedert ein System mithilfe von drei Systemsichten sowie mehreren Systemebenen. Abbildung übersetzt nach Albers et al. (2020).

Das Modell umfasst ebenfalls die Funktionssicht sowie die physische Sicht. Die Funktionssicht greift hierbei jedoch ebenfalls die physikalische Sicht mit auf. Zusätzlich können mit dem Referenzproduktmodell die Eigenschaften eines Systems auf der korrelierenden Eigenschaftssicht modelliert werden. Innerhalb jeder Sicht auf das System können weitere Systemebenen zur Modellierung eingeführt werden. Mithilfe von Relationen zwischen den Sichtweisen wird eine erforderliche Eigenschaft des Produktes von der lösungsoffenen Modellierung über die Funktion auf die spätere Gestalt des Systems spezifiziert. Im Vergleich zu bestehenden Ansätzen können mithilfe des Referenzproduktmodells die Aspekte

Systemdenken, Stakeholderzentrierung, Berücksichtigung von lösungsoffenen und lösungsspezifischen Informationen, Berücksichtigung von Referenzsystemelementen sowie Berücksichtigung der Grundaktivitäten der Produktentwicklung integriert werden. Es besteht bei der Spezifikation von Produktfunktionen jedoch die Gefahr, dass die spezifizierten Varianten von den Kunden nicht mehr differenziert werden können. (Albers et al., 2020)

2.3.5 Zwischenfazit

Die Beschreibung der Weiterentwicklung von Produkten stellt neben den Vorgehensmodellen einen zweiten Grundstein der vorliegenden Arbeit dar. Aufbauend auf der Einführung in die Modell- und Systemtheorie stellt das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung als formales Modell zur phänomenologischen Beschreibung der Entwicklung von Systemen auf verschiedenen Systemebenen einen geeigneten Ansatz als Grundlage für die Beschreibung der Weiterentwicklung von Produktportfolios dar. Die Diskussion der frühen Phase der Produktentwicklung (vgl. Kapitel 2.1.4) im Modell der SGE zeigt die Unterstützungsleistung bei der Einordnung des Risikos geplanter Entwicklungen. Das Modell der SGE bietet damit einen Beschreibungsansatz, um das Unsicherheitsdilemma in der frühen Phase zu beschreiben, welches durch den Bedarf an problemspezifischen Informationen bei gleichzeitig noch fehlender Definition für die Probleme hervorgerufen wird, welche wiederum ohne problemspezifisches Wissen nicht definiert werden können.

Auf dem Modell der SGE aufbauend, wird in einem Referenzmodell zur Modellierung und Spezifikation von Eigenschaften die Überführung von Zielen und Anforderungen beschreibbar gemacht. Für die Erarbeitung von grundlegenden Potenzialen zur Weiterentwicklung von Produktportfolios stellt der Ansatz wiederum eine relevante Schnittstelle dar, auch wenn der Fokus in der Weiterentwicklung von Produktportfolios im Rahmen der Arbeit auf der lösungsoffenen Modellierung von Innovationspotenzialen über Produktprofile in der frühen Phase liegt.

2.4 Betrachtung mehrerer Produkte in einem Produktportfolio

Im vorliegenden Kapitel werden die Grundbegriffe Produktportfolio und Produktportfoliomanagement gegenüber verschiedenen Formen des Portfolio-Begriffes und Auffassungen des Portfoliomanagements eingeordnet. Im Weiteren wird auf spezifische Ansätze zur Beschreibung und Weiterentwicklung von Produktportfolios eingegangen.

2.4.1 Begriffsverständnis Produktportfolio

Der Begriff *Portfolio* aus dem Lateinischen setzt sich aus den Teilen *portare* für „tragen“ und *folium* für „Blatt“ zusammen. Weiter wurde der Begriff durch das französische „*Portefeuille*“, Sammelmappe oder Brieftasche, geprägt (Hahn, 2006).

Der Begriff setzte sich durch die Portfoliotheorie von Markowitz (1952) im Finanzbereich durch. Markowitz (1952) nutzte den Begriff, um den gesamten Bestand eines Wertpapierdepots zu bezeichnen. Dem Ursprung entsprechend ist der Portfolio-Begriff noch heute stark mit einer rein finanziellen Perspektive verbunden. Im Rahmen der Produktentstehung gibt es jedoch weitere Auffassungen des Portfolio-Begriffs, welche über eine Finanzsichtweise hinaus gehen (Gälweiler, 2005). Die relevantesten Auffassungen sind in Abbildung 2.21 zu sehen. Neben den wertbezogenen Portfolios wie Immobilien- oder Wertpapierportfolios (Wellner, 2003) existieren auch ressourcen- und marktbezogene Portfolioformen. Ressourcenbezogene Portfolios decken beispielsweise Patent-, IT- oder Projektportfolios (Zimmermann, 2008) ab. Marktbezogene Portfolios umfassen Marken-, oder Produktportfolios (Vollhardt, 2007). (Wendt, 2013)

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung von Produkten mit hohem Innovationspotenzial unter Berücksichtigung der bestehenden Produkte in einem Unternehmen, daher wird ein besonderer Fokus auf den Bereich der Produktportfolios gelegt. Wendt (2013) leitet auf Basis der verschiedenen Portfolioverständnisse eine allgemeine Portfoliodefinition ab, welche die Gemeinsamkeiten der Portfolioauffassungen aus Abbildung 2.21 vereint:

Allgemeine Definition des Portfolio-Begriffs in der Domäne der Produktentstehung: „*Ein Portfolio ist eine Zusammenstellung verschiedener, vergleichbarer Objekte, die im Zusammenhang betrachtet und zueinander in Beziehung gesetzt werden.*“ (Wendt, 2013, S. 99)

| | | |
|------------------------|----------------------------------|--|
| Markt- bezogen | Geschäftsfeld-Portfolio | Gesamtheit aller Geschäftsfelder eines Unternehmens. |
| | Produkt-Portfolio | Systematische Zusammenfassung der Gesamtheit, der für einen Unternehmensbereich oder für das Gesamtunternehmen relevanten Produkte. |
| | Marken-Portfolio | Zusammenstellung aller Marken, die ein Unternehmen einsetzt, einschl. Markenstrategien und Co-Branding, die die Portfolios beider Anbieter betreffen. |
| | Innovations-Portfolio | Zusammenstellung aller aktiven Produktneuentwicklungs-Projekte. |
| Ressourcen- bezogen | Portfoliostrategischer Allianzen | Gesamtübersicht über die Allianzen eines Unternehmens mit seinen strategischen Kooperationspartnern. Kooperationspartnern. |
| | Projekt-Portfolio | Zusammenstellung aller Projekte, die die gleiche strategische Zielsetzung, von hoher Bedeutung für den Unternehmenserfolg, vielfältige Abhängigkeiten untereinander (z. B. Ressourcen) und Synergiepotentiale haben. |
| | Ressourcen-Portfolio | Zusammenstellung aller strategisch relevanten Ressourcen und Kernkompetenzen eines Unternehmens. |
| | IT-Portfolio | Gesamtübersicht aller IT-Anwendungen, IT-Projekte und IT-Kompetenzen. |
| | Patent-Portfolio | Gesamtheit aller Patente, die von einem Unternehmen gehalten werden. |
| | Immobilien-Portfolio | Zusammenstellung mehrerer Einzelimmobilien. |
| | Wertpapier-Portfolio | Gesamtheit aller Wertpapiere und anderer Vermögensgegenstände die ein Geldanleger besitzt. |

Abbildung 2.21: Übersicht über verschiedene Formen von Portfolios (Wendt, 2013). Abbildung adaptiert nach Wendt (2013).

Der spezifische Fall eines Produktportfolios wird wie folgt definiert:

Definition Produktportfolio generisch: „Systematische Zusammenfassung der Gesamtheit, der für einen Unternehmensbereich oder für das Gesamtunternehmen relevanten Produkte.“ (Wendt, 2013, S. 94) nach (Kreilkamp, 2010)

Nach Schicker und Strassl (2019) wird ein Produktportfolio definiert als „vollständige Zusammenstellung aller von einem Unternehmen (oder einer strategischen Geschäftseinheit) geplanten, angebotenen sowie abgekündigten Produkte“ (Schicker & Strassl, 2019). Das Produktportfolio umfasst neben Sachgütern auch Dienstleistungen oder hybride Leistungsbündel (Kohlborn, Fieft, Korhaus & Rosemann, 2009).

Fahl, Hirschter, Kamp, Endl und Albers (2019) präzisieren den Produktportfoliebegriff im Hinblick auf die frühe Phase der Produktentstehung.

Definition Produktportfolio frühe Phase: „Ein Produktportfolio eines Anbieters ist ein Portfolio, das die Menge der am Markt eingeführten und in der Entwicklung befindlichen Varianten der Produktgenerationen aller Produktlinien eines Anbieters beschreibt. Ein Produktportfolio wird einerseits durch seine Breite (bspw. Anzahl unterschiedlicher Produktlinien), andererseits durch seine Tiefe (bspw. Anzahl Varianten der Produktgenerationen) definiert (Vgl. Fahl, Hirschter, Kamp, Endl & Albers, 2019, S. 5)

Der Begriff wird im Rahmen der Arbeit und im Abgleich mit der Interviewstudie I in Kapitel 5.1 verwendet und erweitert.

Analog zur Herkunft des Begriffs Portfolio entstammt auch das Portfoliomanagement der Finanzlehre, eingeführt unter dem Begriff „Portfolio Selection“ von Markowitz (1952).

Nach Cooper und Edgett (1999) gibt es vier zentrale Ziele im Portfoliomanagement:

- (I) Maximieren des Wertes des Portfolios: Ziel ist es, neue Produktprojekte so auszuwählen, dass die Summe der Werte maximiert wird.
- (II) Ausgewogenheit des Portfolios: Hier geht es darum, die gewünschte Ausgewogenheit der Projekte in Bezug auf eine Reihe von Parametern zu erreichen, z.B. langfristige Projekte im Vergleich zu kurzfristigen oder Projekte mit hohem Risiko im Vergleich zu geringerem Risiko.
- (III) Strategische Ausrichtung des Portfolios: Ziel ist es, alle Elemente strategisch konform auszurichten, sodass die Zuordnung der Ressourcen und Märkte den strategischen Zielen entspricht.
- (IV) Die richtige Anzahl an Elementen: Es bedarf der richtigen Anzahl an Projekten. Die meisten Firmen haben zu viele Projekte in der Pipeline, sodass die Gefahr besteht, zu viel Entwicklungsgeschwindigkeit zu verlieren und den anvisierten Markteintrittspunkt zu verpassen.

Grundaufgabe des Portfoliomanagements ist es, in Unternehmen das Portfolio hinsichtlich des Mittelbedarfs und der Mittelherzeugung sowie der Zukunftsaussichten und des Risikos ausgewogen zu entwickeln, um langfristig existenzfähig zu bleiben (Kreilkamp, 2010). Dabei wird die Anzahl an neuen Produkten und F&E-Projekten im Portfoliomanagement ständig überarbeitet. In diesem Prozess werden neue Produkte bewertet, ausgewählt und priorisiert (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 2001). Ziel ist es, die Entwicklung neuer Produkte

so zu planen, dass unter Berücksichtigung der Ressourcen die ideale Anzahl an Innovationen angestrebt wird. Gleichzeitig sollen nicht zukunftsfähige Produkte ausgeleitet werden. (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 2004; Cooper & Sommer, 2020).

Das Portfoliomanagement bildet somit die Brücke zwischen der Entwicklungsstrategie als Teil der Unternehmensstrategie und der konkreten Entwicklung einzelner Produkte als Teil der frühen Phase der Produktentwicklung (vgl. Abbildung 2.22). (Kreimeyer, Seidenschwarz & Rehfeld, 2021)

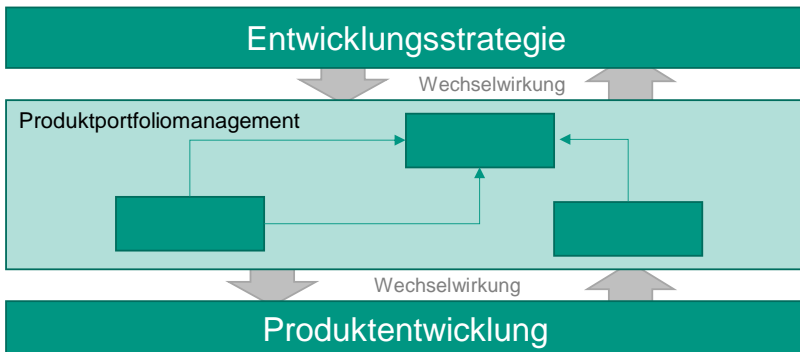


Abbildung 2.22: Produktportfolioplanung und -management als Verbindungsglied zwischen Unternehmensstrategie und Produktentwicklung (vgl. Kreimeyer et al., 2021).

Die Produkte und Entwicklungen eines Unternehmens lassen sich damit als Funktionalstrategie auffassen (vgl. Kaufmann, 2024). Die grundlegenden Elemente der Unternehmensstrategie werden nicht betrachtet. Im Anschluss an die grundlegende Verortung des Produktportfoliomanagements werden nachfolgend Studien aufgeführt, welche Herausforderungen und Ziele im Produktportfoliomanagement auffassen.

2.4.2 Studien zur Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios

In vorliegendem Kapitel werden bestehende Arbeiten aufgeführt, welche den aktuellen Stand der Produktportfolioentwicklung durch Literaturanalysen, Interviewstudien oder Fallstudien im Hinblick auf Herausforderungen und Ziele untersuchen. Die Studien liefern damit über bestehende Analysen und Erhebungen Erkenntnisse zu Herausforderungen und Vorgehensweisen, die bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios zu berücksichtigen sind.

Die Modelle zum Produktportfoliomanagement waren in den 60er und 70er Jahren mathematisch geprägt, fanden jedoch wenig Anwendung in Unternehmen, da die Modelle viele Informationen erfordern, welche in der frühen Phase nicht verfügbar waren (Cooper & Edgett, 1999). Viele Produktportfoliomanagementmethoden sind nicht benutzerfreundlich und erfordern viel Zeitaufwand. Nach einer breiten Erhebung von Cooper und Edgett (1999) zählt das Produktportfoliomanagement auf die Qualität der Prozesse und Ergebnisse sowie der Portfolioperformance ein. Es zeigt sich, dass das Produktportfoliomanagement insbesondere für die Bewahrung der Wettbewerbsposition, eine effiziente Ressourcenallokation sowie die Umsetzung der Unternehmensstrategie und damit verbundene Fokussierung auf wenige Entwicklungsprojekte entscheidend ist. Das Vorhandensein eines Produktportfoliomanagementprozesses korreliert mit besseren Ergebnissen bei der Weiterentwicklung. Dabei erzielen die strategischen und scoring-orientierten Modelle häufig bessere Ergebnisse als die rein finanzielle Betrachtung. (Cooper & Edgett, 1999; Cooper et al., 2004)

Tolonen, Kropsu-Vehkaperä und Haapasalo (2014) untersuchen aktuelle Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Produktportfoliomanagement (PPM) und leiten Voraussetzungen für ein aktives PPM ab. Die Analyse des aktuellen Stands basiert sowohl auf einer Literaturrecherche als auch auf zehn Unternehmensbeispielen. Die Herausforderungsfelder unterteilen sich in (I) generische Herausforderungen, wie beispielsweise eine fehlende einheitliche Sichtweise auf das Produktportfolio und seine Ebenen, (II) Herausforderungen in Bezug auf Prozesse und Werkzeuge im Portfoliomanagement, (III) Herausforderungen bezogen auf die Inhaber- und Führungssituation, (IV) Herausforderungen in Bezug auf die Festlegung von Zielen und Leistungskennzahlen und (V) Herausforderungen in Bezug auf die Verfügbarkeit von Daten. Neben den Herausforderungsfeldern wirft der Artikel die Frage auf, ob PPM auch als Geschäftsprozess betrachtet werden sollte. Produktportfoliomanagement muss dem Beitrag folgend als eine Einheit verstanden werden, welche die Verwaltung und Erneuerung des bestehenden Produktportfolios

über den Produktlebenszyklus aufgreift. (Tolonen, Kropsu-Vehkaperä & Haapasalo, 2014)

Eine Studie von Tolonen, Harkonen, Verkasalo und Haapasalo (2015), welche ebenfalls bestehende Produktportfoliomanagementansätze in der Theorie sowie eine fallbasierte Analyse der Anwendung von PPM-Modellen in der Praxis aufzeigt, gibt eine Übersicht über den Schwerpunkt von Unterstützungsansätzen, vgl. Abbildung 2.23.

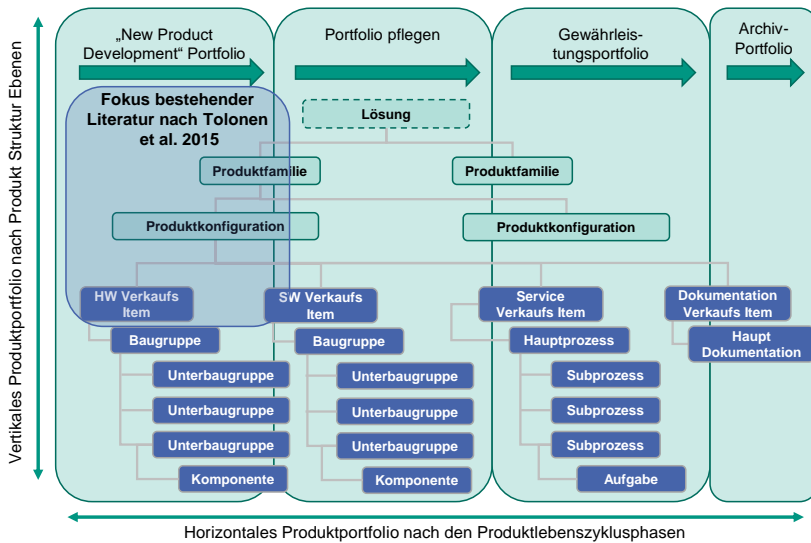


Abbildung 2.23: Schwerpunkt aktueller Ansätze zum Portfoliomanagement in der Literatur nach Tolonen et al. (2015). Abbildung adaptiert nach Tolonen et al. (2015).

Übergreifend zeigt sich jedoch, dass in den meisten Unternehmen Entscheidungen über den Produktlebenszyklus eher intuitiv und ad hoc auf der Ebene einzelner Produkte getroffen werden als auf der Grundlage einer systematischen Analyse des Portfolios. Die derzeitigen Produktportfoliomanagementansätze konzentrieren sich eher auf einzelne Produktentwicklungsprojekte als auf die ganzheitliche Produktportfolioanalyse über den Lebenszyklus und die Produktportfolioebenen. (Tolonen et al., 2015)

Gemäß Cooper und Edgett (1999) ist das übergeordnete Ziel, die richtige Anzahl an Innovationen mit limitierten Ressourcen eines Unternehmens voranzutreiben, um einen konstanten Strom an neuen erfolgreichen Produkten zu gewährleisten (Cooper & Edgett, 1999). Cooper definiert den Produkteinführungsprozess als einen Prozess, in dem die aktiven Entwicklungsprojekte und geplanten neuen Produkte kontinuierlich reflektiert werden. In der Reflektion werden kontinuierlich neue Produkte evaluiert, ausgewählt und priorisiert. Existierende Projekte werden ggf. geringer priorisiert oder geschlossen. Es wird versucht, unwirtschaftliche Produkte und lange Einführungsphasen der Produkte zu minimieren. Die Aktivitäten unterteilen sich in Anlehnung an die vier Hauptziele des Portfoliomanagements (Vgl. Kapitel 2.4.1). (Cooper & Edgett, 1999; Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 2000)

- Zur Ermittlung des Wertes eines Projektes stellt Cooper gemeinsam mit Checklisten und Bewertungsmodellen eine Kennzahl, den „Net Present Value (NPV)“, auf. - (I) Wertmaximierung. (Cooper et al., 2000)
- Halten der Balance des Portfolios mit Portfolioanalyseinstrumenten, häufig nach der Einteilung in strategische Geschäftsfelder (Dunst, 1983). – (II) Ausgewogenheit des Produktportfolios. (Cooper et al., 2000)
- Mit strategischen Buckets versucht der Ansatz, Strategiekonformität herzustellen und das Kapital in Bereiche wie Technologien, Märkte, Projekttypen und Anwendungsfelder zu clustern. Die resultierende Verteilung des Kapitals muss dann im Einklang mit der strategischen Ausrichtung stehen. - (III) Strategiekonformität. (Cooper et al., 2000)
- Die geplanten Entwicklungsprojekte werden ebenfalls mit den vorhandenen Ressourcen abgeglichen und eine Priorisierung erarbeitet. – (IV) Anzahl an Projekten. (Cooper et al., 2000)

Unter Berücksichtigung der einzelnen Aspekte wird eine übergreifende Aufstellung erarbeitet, welche Projekte weiterverfolgt und welche verworfen oder verschoben werden.

Wheelwright, S. C., and K. B. Clark (1992) differenzieren Neuentwicklungen anhand der Veränderung des Produktes und des Prozesses in fünf unterschiedliche Kategorien (vgl. Abbildung 2.24). Bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios soll auf eine zur Unternehmensstrategie konsistente Zusammenstellung der Projekte geachtet werden. Es ergeben sich nach der Einteilung die in Abbildung 2.24 zu sehenden fünf unterschiedlichen Projekttypen. Mit steigendem Änderungsgrad des Produktes sowie steigender Prozessveränderung müssen dem Projekt entsprechend mehr Ressourcen allokiert werden. Ziel ist es, eine Häufung in einem Projektbereich zu vermeiden und je nach aktueller Unternehmensstrategie die entsprechenden Projekttypen in der Entwicklung vorzuhalten. (Wheelwright, S. C., and K. B. Clark, 1992)

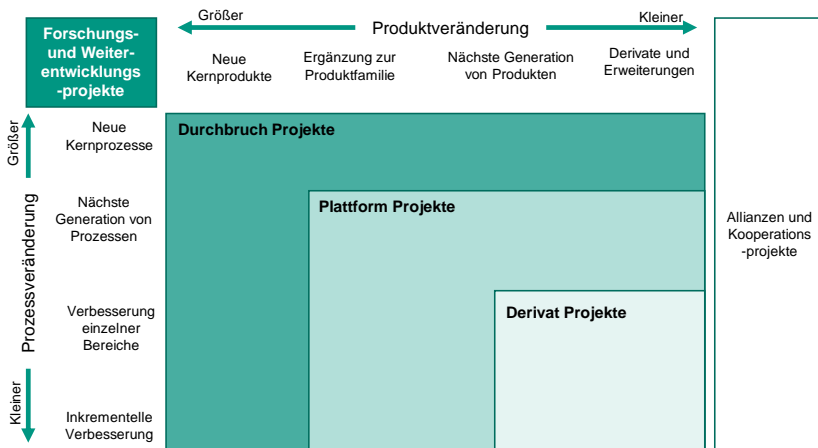


Abbildung 2.24: Klassifikation von Projekten eines Projektportfolios in fünf Gruppen von Projekttypen. Mit steigender Produkt- und Prozessveränderung steigt ebenfalls der Ressourcenaufwand. (Wheelwright, S. C., and K. B. Clark, 1992)

Urhahn und Spieth (2013) untersuchen den Zusammenhang, wie die Innovationsfähigkeit auf Portfolioebene durch Produktmanagement gefördert werden kann. Kontinuierliche Innovationen in einem Unternehmen erfordern ein proaktiv gesteuertes Produktportfolio, um im Hinblick auf den Innovationsgehalt die einzelnen Projekte zu steuern und zu balancieren. Die Autoren schlagen einen konzeptionellen Rahmen vor, um positive Beziehungen zwischen vier Produktmanagementsteuerungselementen (Formalisierung und Eindeutigkeit, Review-Häufigkeit, Transpa-

renz und Informationsverfügbarkeit) gegenüber der Innovationsfähigkeit und weiterführend der Unternehmensleistung zu modellieren (Abbildung 2.25). Die Balancierung des Produktportfolios hat dabei in der Wirkkette einen moderierenden Einfluss auf die Unternehmensleistung. (Urhahn & Spieth, 2013)

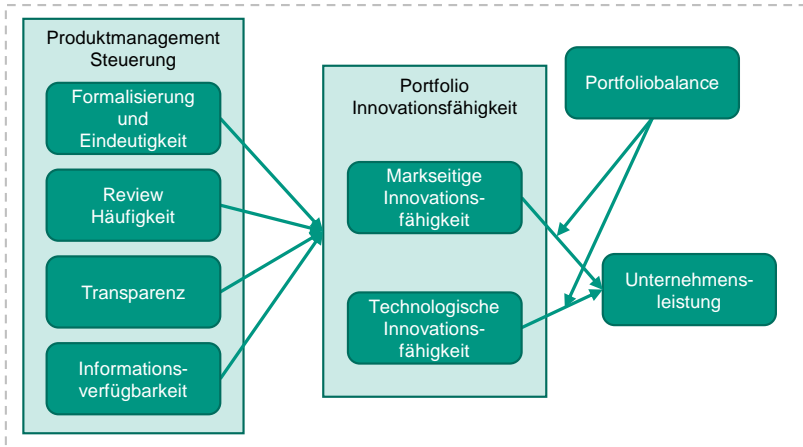


Abbildung 2.25: Einfluss von Steuerungselementen des Produktmanagements auf die Leistung und Innovationsfähigkeit eines Unternehmens (Urhahn & Spieth, 2013). Abbildung adaptiert nach Urhahn und Spieth (2013).

Aufbauend auf einer Umfrage zur Verwendung von Methoden für die Entscheidungsfindung in Produktportfolios von Jugend und Leoni (2015) unter 71 in Brasilien tätigen Unternehmen aus der Elektronik- und Computerbranche wurde festgestellt, dass sich trotz vorhandener Methoden wie Markt Betrachtungen und Finanzmethoden und Roadmaps der Großteil der Unternehmen auf die informellen Entscheidungen des Managements verlässt. Mithilfe von formalen Managementmethoden wird versucht, den subjektiven Einfluss von Führungskräften auf die Gestaltung der Weiterentwicklung des Produktportfolios abzufangen und auf eine rationale Entscheidungsbasis zu führen. Ein zentraler Aspekt ist demnach, die Entscheidungsfindung so zu dokumentieren und aufzubereiten, dass dem Management transparent und nachvollziehbar Entscheidungen dargelegt werden können. Eine vertiefende Studie der Autoren Jugend und Leoni (2015) in zwei brasilianischen Technologieunternehmen zeigt, dass in beiden Unternehmen Finanzbetrachtungen als Hauptmechanismus für die Entscheidungsfindung eingesetzt wurden.

Die systematische Anwendung formaler Portfoliomanagementmethoden zur Bewertung des Produktportfolios ist in Abbildung 2.26 exemplarisch zu sehen. (Jugend, Da Silva, Salgado & Leoni, 2015)

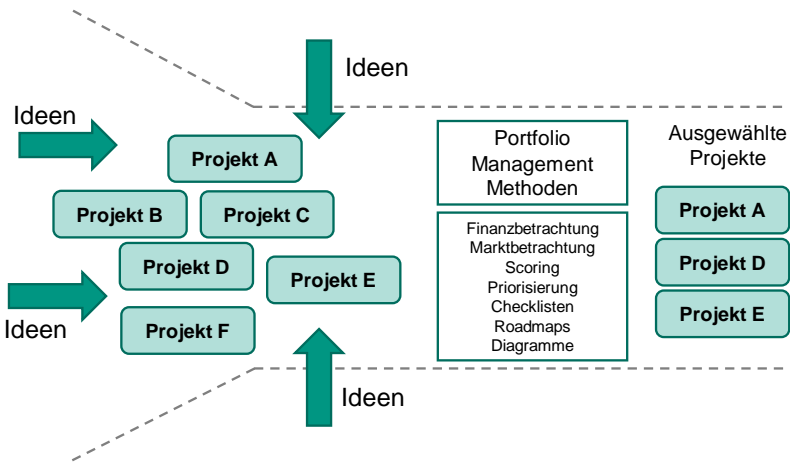


Abbildung 2.26: Schematische Darstellung der Entscheidungsfindung im Weiterentwicklungsprozess des Produktportfolios (Jugend et al., 2015). Abbildung adaptiert nach Jugend et al. (2015).

Ebenfalls auf der quantitativen Umfrage mit 71 brasilianischen Unternehmen aufbauend zielten Jugend, Da Silva, Salgado und Miguel (2016) darauf ab, Praktiken des Produktportfoliomanagements zu analysieren, um die Beziehung zwischen verschiedenen Praktiken und der Leistung des späteren Produktportfolios zu ermitteln. Vier Hypothesen wurden aufgestellt und bestätigt (Jugend et al., 2016):

- H1: Eine positive Korrelation zwischen Produktportfoliomanagementmethoden und der Erfüllung der Leistungsziele des Produktportfolios ist vorhanden.
- H2: Eine positive Korrelation zwischen dem Formalisierungsgrad des Produktportfolios und der Erreichung der Leistungsziele ist vorhanden.
- H3: Es besteht eine positive Korrelation zwischen Produktportfoliomanagementmethoden und dem Formalisierungsgrad eines Produktportfolios.
- H4: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Integration der Produktportfoliomanagementfunktionen und der Erfüllung der Leistungsziele des Produktportfolios.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass mit der Formalisierung, Systematisierung und Klärung von Produktportfolioentscheidungen die Erreichung der Leistungsziele positiv beeinflusst wird. Einige Unternehmen haben dennoch Schwierigkeiten bei der Balancierung der Weiterentwicklungsaktivitäten des Produktportfolios. (Jugend et al., 2016)

In einer Studie von McNally, Durmuşoğlu und Calantone (2013) werden Entscheidungen in der Entwicklung neuer Produkte zur Erweiterung des Produktportfolios in einer simulierten Weiterentwicklungsstudie eines Produktportfolios untersucht. Die Studie wurde mit 105 Personen aus dem mittleren Management durchgeführt. Die Personen nahmen an einer Simulationsstudie zur Entwicklung neuer Produkte teil, in welcher sie in einer simulierten Produktportfolio-Entscheidungssituation Entscheidungen treffen mussten, welche neuen Produkte in die Entwicklung aufgenommen werden sollten. Die Entscheidungen wurden hinsichtlich des Zusammenhangs, der in Abbildung 2.27 zu sehen ist, mithilfe von acht Hypothesen untersucht. (McNally et al., 2013)

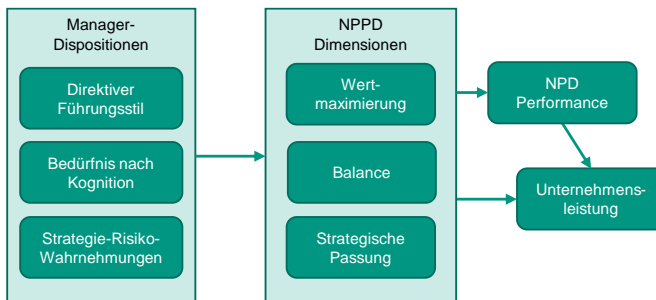


Abbildung 2.27: Darstellung der Auswirkungen und Ursachen von Managerdispositionen auf die Unternehmensleistung nach McNally et al. (2013). NPD – New Product Development und NPPD – New Product Portfolio Development. Abbildung adaptiert nach McNally et al. (2013).

Die Ergebnisse stellen heraus, dass von den drei Dimensionen des Produktportfoliomanagements lediglich die Balance einen signifikanten Einfluss auf die Produktentwicklung und die Unternehmensleistung aufweist. Eine höhere Balance führt demnach zu einer besseren Performance, da eine bessere Ausgewogenheit von Projekten vorliegt. Neben der Steigerung der Unternehmensleistung wird auch das unternehmerische Risiko verringert, da die Wahrscheinlichkeit eines gesamten Unternehmensversagens sinkt. Die Analyse der Simulationsstudie zeigt jedoch, dass

die Balance von Managern oft als weniger wichtig angesehen wird. (McNally et al., 2013)

Paradoxerweise spielt die alleinige Wertmaximierung nach der Studie keine signifikante Rolle für die Unternehmensleistung. Die Ergebnisse zeigen, dass eine alleinige Orientierung an der Wertmaximierung nicht ausreicht, um den Unternehmenserfolg zu steigern. Gleichzeitig zeigt die Studie, dass Wertmaximierung von Managern als wichtiger Faktor für die Auswahl von NPD-Projekten angesehen wird. Die Fokussierung auf Wertmaximierung bringt jedoch in der Simulationsstudie keinen Wettbewerbsvorteil, da alle Manager dieses Ziel verfolgen. Die Wertmaximierung ist eine notwendige Bedingung, unterscheidet aber nicht zwischen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Produktportfolios. (McNally et al., 2013)

Die Analyse zeigt, dass eine frühe Fokussierung auf strategische Passung dazu führt, dass Unternehmen mehr in Produktmodifikationen investieren, aber weniger in die Entwicklung neuer Produkte für neue Märkte. Dies kann langfristig die Innovationsfähigkeit und Unternehmensleistung einschränken. Die strategische Passung sollte daher nicht die Entwicklung innovativer Projekte behindern. Die Studie zeigt ebenfalls den Einfluss von Charakteristika der Managementpersönlichkeit auf. So hat ein direkter Führungsstil einen negativen Einfluss auf Wertmaximierung, aber keinen signifikanten Effekt auf Balance oder strategische Passung. Erhöhte Risikowahrnehmung führt zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit Entscheidungen und fördert besonders die Balance-Dimension. (McNally et al., 2013)

Es lassen sich Implikationen für die Weiterentwicklung von Produktportfolios ableiten. Unternehmen sollten ein ausgewogenes Portfolio anstreben, anstatt sich nur auf finanzielle Kennzahlen oder strategische Passung zu konzentrieren. Die Balance innerhalb des Produktportfolios ist der entscheidende Wettbewerbsfaktor, da sie langfristig Innovation und Unternehmenserfolg sichert. Weiterführend sollten Unternehmen sowohl ihre Entscheidungsmechanismen als auch die Persönlichkeitsmerkmale ihrer Manager berücksichtigen, um die Innovationsfähigkeit und langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. (McNally et al., 2013)

Doorasamy (2017) kommt in einer Analyse ausgewählter Ansätze zu dem Schluss, dass es kein einheitliches Modell für die Entwicklung neuer Produkte gibt, sodass jede Branche selbst herausfinden muss, welches Modell auf sie zutrifft und das jeweilige Modell weiter an ihre Eigenheiten anpassen muss. Im Einklang mit Cooper et al. (2004) werden die Ziele des Portfoliomanagements bestätigt und die Unumgänglichkeit des Produktportfoliomanagements herausgestellt (Doorasamy, 2017). Die Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios in den aufgeführten Studien zeigt grundlegende Ziele bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios. Mithilfe von nachfolgenden Beschreibungs- und Modellierungsansätzen zur Betrachtung mehrerer Produkte in Produktportfolios sollen diese modelliert werden.

2.4.3 Ansätze zur Beschreibung und Modellierung von Produktportfolios

Nachfolgend werden verschiedene Ansätze zur Beschreibung und Modellierung des Produktportfolios aufgeführt. Die Mehrheit der Beschreibungsansätze teilt das Produktportfolio hierarchisch in weitere Untergruppen ein, wie in Abbildung 2.28 angedeutet. Das **Produktportfolio** umfasst dabei alle Produkte, die von einem Unternehmen angeboten werden (Jacobs & Swink, 2011; Rupp, 1988). Weiter wird das Produktportfolio häufig unterteilt in die Produktlinien und Produktfamilien (Lahtinen, Mustonen & Harkonen, 2021).

Eine **Produktlinie** fasst die Elemente eines Produktprofils mit einem ähnlichen Anwendungsbereich, Produktionsverfahren oder ähnlichen Funktionen zusammen (Kotler, Keller & Opresnik, 2017). Eine Produktlinie umfasst hier mehrere Produktfamilien. Die Gesichtspunkte zur Bildung von Familien und Linien fallen meist unternehmensspezifisch aus. (Jonas, 2014; Krause & Gebhardt, 2018; Rupp, 1988)

Eine **Produktfamilie** umfasst alle vom Unternehmen geführten *Varianten eines Produktes*. Die enthaltenen Produktvarianten weisen dabei ähnliche Funktionen, Technologien oder Produktionsverfahren auf. (Du, Jiao & Tseng, 2001; Krause & Gebhardt, 2018)

Produktvarianten sind Systeme, welche vom Markt als Produkte wahrgenommen werden und eine innerhalb der Familie ähnliche Funktion und Form aufweisen. Die Grundfunktionalität haben alle Varianten einer Familie gemein, unterscheiden sich aber in mindestens einer Eigenschaft (Franke, Hesselbach, Huch & Firchau, 2002). Mit Bezug auf das Modell der SGE wird hier eine Variante als eine Systemgeneration verstanden, welche ein hohes Maß an Übernahmevariation zu ihrem Variantenreferenzprodukt aufweist und demselben Produktlebenszyklus unterliegt. Gegenüber dem Referenzprodukt grenzt sich die Variante durch die Differenzierung charakteristischer Merkmale ab (Peglow et al., 2017). Die differenzierenden Merkmale sollten für den Kunden relevant und transparent sein, damit dieser die Produktvarianten differenzieren kann. (Krause & Gebhardt, 2018)

Die marktseitige Betrachtung endet nach Hannila, Koskinen, Harkonen und Haapasalo (2020) auf Ebene der Produktvarianten. Auf Entwicklungsseite kann, wie im unteren Bereich von Abbildung 2.28 angedeutet, weiter in Versionsitem, Baugruppe sowie korrelierende Unterbaugruppe und letztendlich Komponente unterteilt werden.

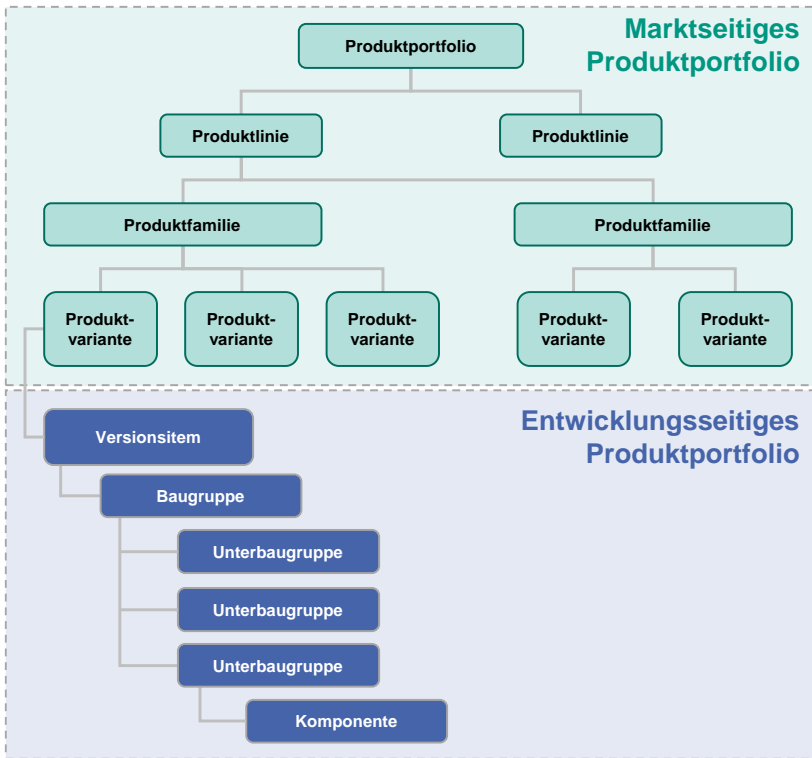


Abbildung 2.28: Die Beschreibung des Produktportfolios unterteilt sich auf Seite der Marktwahrnehmung in Linien-, Familien und Variantenebene (Krause & Gebhardt, 2018) sowie auf Entwicklungsseite in die Baugruppen der Produktarchitektur (Hannila, Koskinen et al., 2020). Abbildung adaptiert nach Hannila und Koskinen et al. (2020).

Ulonska und Welo (2016) sowie Ulonska und Welo (2014) untersuchen den Einsatz von Produktportfolio- und Variantenkarten als Visualisierungstool zur Unterstützung plattformbasierter Entwicklungsstrategien. In vielen Auftragsfertigungsunternehmen ergeben sich Produktvarianten im Lauf der Zeit aus Einzelentwicklungen, welche häufig keine gemeinsame Produktstrategie haben. Im Hinblick auf die Transfusion von einer „Engineering-to-Order-Strategie“ hin zur „Configuration-to-Order-Strategie“ soll der visuelle Ansatz die Identifizierung, Analyse und Strukturierung von Informationen zu Produktvarianten unterstützen. Der Ansatz wurde anhand eines Unternehmens, das Masten und Portale für Straßenschilder herstellt, angewandt. Exemplarisch zeigt Abbildung 2.29 eine Produktportfoliokarte, welche die Produktvarianten der Produktfamilie nebeneinander visualisiert. (Ulonska & Welo, 2016)

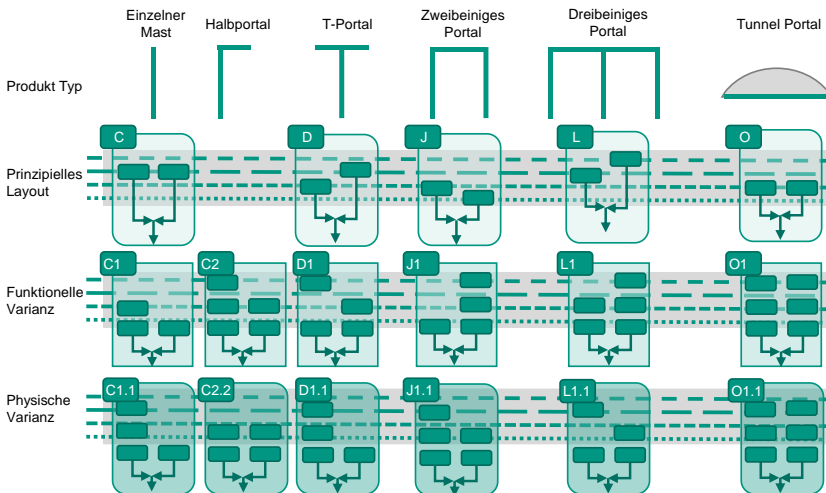


Abbildung 2.29: Vereinfachte Visualisierung des Produktportfolios für die Masten und Portale für Straßenschilder. Abbildung adaptiert nach Ulonska und Welo (2016).

Analog zur Produktportfolioübersicht wurde eine Variantenkarte erarbeitet, welche einen genaueren Überblick über die physischen Teilsysteme und die zugehörige funktionale Struktur gibt. Die Visualisierungen stellen die Grundlage dar, um das Produktportfolio in Richtung einer CTO-Strategie zu entwickeln. Am Beispiel des Portfolios der Aluminiummastsysteme konnte das Produktportfolio abgebildet werden. Das Modell wurde nach Aussage der Autoren jedoch noch nicht für komplexere Produkte verifiziert. (Ulonska & Welo, 2016)

Der integrierte PKT-Ansatz zur Entwicklung modularer Produktfamilien nach Krause, Hartwich und Rennpferdt (2020) stellt einen Methodenbaukasten dar, welcher auf Seite der Produktfokussierung Ansätze zur Beschreibung von Produktprogrammen aufgreift. Die Methode zur Produktprogrammplanung nach Jonas und Krause (2011) stellt einen Ansatz zur strategischen Planung modularer Produktprogramme (MSPMP) dar. Gegenüber einer klassischen Baumstruktur werden die beiden Dimensionen Winkelschritt und radiale Länge genutzt, um die Stückzahl und den Umsatz eines Produktes abzubilden. Ergebnis ist ein Visualisierungstool, wie in Abbildung 2.30 gezeigt, welches ebenfalls die Elemente Produktprogramm, Produktionsprogramm, Produktlinie, Produktfamilie, Produktvariante sowie deren entsprechende Umsätze und Stückzahlen abbildet. (Jonas & Krause, 2011; Jonas, 2014)

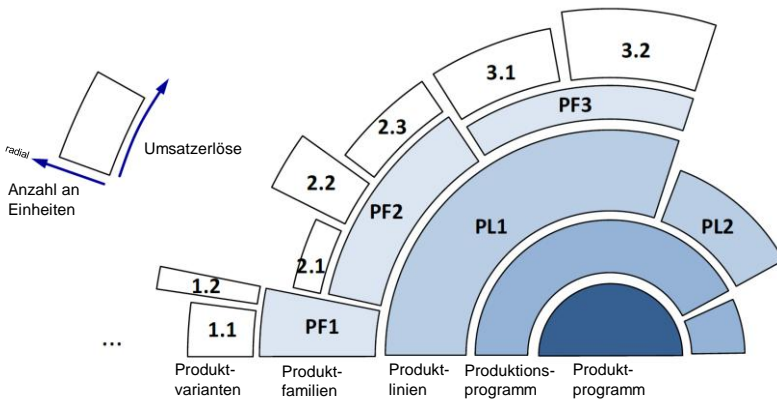


Abbildung 2.30: Visualisierung des Produktportfolios (Jonas & Krause, 2011).

Neben der Verwendung von Methoden des Produktmanagements als Entscheidungsinstrument werden auch Managementmethoden zur strategischen Planung und zu organisatorischen Aspekten verwendet. Nach Jugend und Da Silva (2014) kann der Einsatz von Roadmaps für verschiedene Arten von Weiterentwicklungen nützlich sein. Auf visuellen Methoden basierend zeigen Karten, wie sich welche Technologien, Märkte und Produkte über die Zeit entwickeln. Diese Visualisierung der Weiterentwicklungsmöglichkeiten stellt eine Unterstützung für die Zuweisung von Entwicklungszielen dar. Die Verwendung von Roadmaps in der strategischen Produktplanung fördert den Erfolg der Innovationsstrategie und der Weiterentwicklung des Produktportfolios. (Jugend & Da Silva, 2014; Oliveira & Rozenfeld, 2010)

Aufbauend auf den Ansätzen zur Produktportfoliobeschreibung werden nachfolgend Ansätze vorgestellt, welche auf die Optimierung von Produktportfolios ausgerichtet sind.

2.4.4 Metrikfokussierte Optimierungsansätze

Im Bereich des Produktportfoliomanagements beschäftigt sich ein erheblicher Anteil bestehender Ansätze mit der metrikbasierten Optimierung von Produktportfolios auf der Variantenebene. Nach Danesh, Ryan und Abbasi (2017) liegen zwei Hauptprobleme im Zusammenhang mit den Multikriterienverfahren (en. - Mult-Criteria-Decision making-Methods (MCDM)) vor, welche schwer zu lösen sind. Zum einen sind die Ziele für die Weiterentwicklung in der frühen Phase zumeist qualitativ und nicht quantitativ messbar und zum anderen in der Regel nicht konsistent zueinander, sondern stehen im Widerspruch. Daher stellt besonders die praktische Anwendbarkeit der MCDM eine Herausforderung dar. (Danesh et al., 2017)

Dash, Gajanand und Narendran (2018) entwickeln ein Modell für die Planung des Produktportfolios und die Einführungszeitpunkte unter Berücksichtigung von Ressourcenbeschränkungen. Das vorgeschlagene mathematische Modell zielt darauf ab, bei der Optimierung der Produktzusammenstellung und der Planung der einzelnen Produktentwicklungsaktivitäten über die verschiedenen Phasen der Produktentwicklung hinweg zu unterstützen (Dash et al., 2018). Dabei werden folgende Schlüsselfaktoren aufgegriffen: S1 - Nachfrage in den verschiedenen Marktsegmenten im Laufe der Zeit, S2 - durchschnittlicher Verkaufspreis der Produkte in den Marktsegmenten, S3 - Zahlungsbereitschaft der Kunden, S4 - verfügbare Kostendaten und Trade-Offs, S5 - Benchmark-Daten der Wettbewerber sowie erwartete Produkte von Wettbewerbern und deren Merkmale, S6 - Liste der Konzeptprodukte, deren Markteinführung das Unternehmen in Erwägung zieht, und deren potenzielle Akzeptanz bei den Kunden, S7 - Verfügbarkeit von Technologie und Ressourcen, S8 - Ressourcenverbrauch für jedes konzipierte Produkt. (Dash, Narendran & Gajanand, 2016)

Es werden entsprechend den Zielen Variablen und Parameter für bspw. *UM* - *Mindestnutzen eines Produkts, das in einem Marktsegment benötigt wird*, oder *PM* - *maximal akzeptabler Preis für ein Produkt in einem Marktsegment* festgelegt. Daraufhin werden zwei Funktionen zur Optimierung der Utility oder zur Maximierung des Profits gebildet. Diese unterliegen wiederum mehreren Limitationen und Vernetzungen. (Dash et al., 2018)

Dorostkar-Ahmadi und Shafie-Nikabadi (2018) entwickeln ein Modell für die Produktportfoliooptimierung zur Optimierung der Produktauswahl für die geringsten Umweltauswirkungen. Der Fokus liegt hierbei auf der Herstellung der Produkte. Es wird untersucht, inwiefern der Einsatz von verschiedenen Materialformen (bspw. aufbereitetes oder neues Material) mathematisch optimiert werden kann. Zwei zentrale Grundannahmen werden gefordert, um den Optimierungsansatz anzuwenden: (I) Das Unternehmen ist in der Lage, alle Marktanforderungen zu erfüllen, (II) die

Kosten der Produktrückgabe werden jeweils zu den Materialkosten addiert. Mithilfe von Parametern wird das multikriterielle, nichtlineare Produktportfoliooptimierungsmodell aufgebaut. Beispielsweise greift das Produktportfolio dabei verschiedene Produkte P_1 bis P_p auf, wobei jedes Produkt eine Kombination aus m verschiedenen Materialien M_1 bis M_m umfasst. Das Material M_i ($i = 1$ bis m) selbst kann als einer der vier Typen „neu“, „wiederverwendet“, „wiederaufbereitet“ oder „recycelt“ bereitgestellt werden, was mit $i = 1, 2, 3, 4$ indiziert wird. Ergebnis der Methode ist ein mathematisch optimierter Vorschlag von Produkten unter Berücksichtigung der Materialtypen. Bei der Gestaltung des Produktportfolios werden aktuell Bedürfnisse von Kundengruppen, Aspekte des Produktdesigns oder Unsicherheiten noch nicht berücksichtigt und sollen in zukünftigen Studien fokussiert werden. (Dorostkar-Ahmadi & Shafie-Nikabadi, 2018)

Esmaeili und Arjmand (2019) schlagen ebenfalls einen mathematischen Optimierungsansatz für Produktportfolios vor, welcher die möglichen Verluste bei der Erstellung verschiedener Portfolioalternativen minimieren soll. Der Ansatz soll Entscheidungsträger dabei unterstützen, bei der Abwägung zwischen den verfügbaren Alternativen das „geringste Übel“ (en. Regret minimization) auszuwählen. In diesem Ansatz sollen die Produktionskosten, die Preissensibilität der Kunden und die Ungewissheit über das Produktportfolio von Wettbewerbern berücksichtigt werden. Die Preissensibilität der Kunden wird in niedrig, mittel und hoch unterteilt und mithilfe einer modifizierten Nutzenfunktion in jedem Marktsegment modelliert. Mittels eines Regret-Index wird der wahrscheinliche Verlust der einzelnen Produkte im Portfolio berechnet und abschließend wird das Portfolio mit dem geringsten erwarteten Verlust vorgeschlagen. Dazu wird in vier Schritten vorgegangen:

- Schritt 1: Berechnung des Ertragswerts
- Schritt 2: Spezifikation der besten Reaktion
- Schritt 3: Berechnung des Regret-Index für alle Alternativen
- Schritt 4: Auswahl des Portfolios mit dem geringsten Regret-Wert.

Die Durchführung des Ansatzes liefert so das Produktportfolio mit dem geringsten erwarteten Verlust. Nach Esmaeili und Arjmand (2019) ermöglicht es der vorgeschlagene mathematische Ansatz, unter allen Alternativen das zuverlässigste Produktportfolio mit einem nahezu maximalen Gewinn und höchster Kundenzufriedenheit in allen möglichen Szenarien zu konfigurieren. (Esmaeili & Arjmand, 2019)

Die Autoren Seo et al. (2016) analysieren bestehende Ansätze zur Identifizierung neuer Produktmöglichkeiten. Sie stellen fest, dass es schwierig zu bestimmen ist, welche technologischen Möglichkeiten auf den Markt kommen können. Ebenfalls seien viele Ansätze allgemein gehalten und nicht auf ein Unternehmen bezogen, was die Anwendbarkeit im Unternehmen erschwert.

Seo et al. (2016) schlagen einen Ansatz zur Identifizierung potenzieller Produktchancen vor. Sie extrahieren zunächst Produktinformationen aus der Patentdatenbank mithilfe von Textmining-Techniken und erstellen dann Produktverbindungsregeln, welche gerichtete Produktpaare darstellen. Die Produktpaare werden hinsichtlich ihres potenziellen Wertes als Produktmöglichkeiten unter Berücksichtigung der internen Fähigkeiten eines Unternehmens bewertet. Als interne Fähigkeiten verstehen die Autoren das aktuell vorliegende Produktportfolio. Der Ansatz versucht so, die bestehenden Produkte eines Unternehmens als Grundlage für die Entwicklung neuer Produkte aufzugreifen. (Seo et al., 2016)



Abbildung 2.31: Vorgehensweise des Ansatzes zur Identifizierung von Produktchancen (Seo et al., 2016). Abbildung adaptiert nach Seo et al. (2016).

Mittels einer empirischen Studie anhand von Patenten, die zwischen 2009 und 2013 beim US-Patentamt erteilt wurden, wird exemplarisch der Ansatz ausgeführt. Der Ansatz verspricht, die produktorientierte Forschung und Entwicklung durch die Berücksichtigung von internen Fähigkeiten des Zielunternehmens zu erleichtern. (Seo et al., 2016)

Über eine systematische Literaturrecherche in Kapitel 5.2 werden weitere metrikfokussierte Optimierungsansätze identifiziert. Diese sind in Anhang A der vorliegenden Arbeit zu finden.

2.4.5 Ansätze zur Weiterentwicklung von Produktportfolios

Gegenüber den Ansätzen mit Schwerpunkt auf der Beschreibung von Produktportfolios werden nachfolgend Ansätze aus dem Produktportfoliomanagement zur Weiterentwicklung von Produktportfolios vorgestellt. Diese greifen gegenüber den Beschreibungsansätzen Handlungsempfehlungen oder Prozesselemente mit auf.

Die wachsende Produktvielfalt durch die von Kunden geforderte Ausweitung des Angebots stellt Unternehmen vor die Herausforderung, das Produktportfolio über den Lebenszyklus hinweg zu verwalten und rentabel zu halten. Lahtinen et al. (2021) zeigen Schwierigkeiten eines in einer Case Study analysierten Unternehmens auf, welche sich aus einer unzureichenden Definition der Produktentstehung und aus über den Produktlebenszyklus inkonsistenten Produktportfoliomanagement-Zielen und KPIs ergeben. Abbildung 2.32 zeigt die Anzahl an Produkten über die Lebenszyklusphasen Entwicklung, aktiv im Markt, Gewährleistung und eingeschränkte Garantiezeit. (Lahtinen et al., 2021)

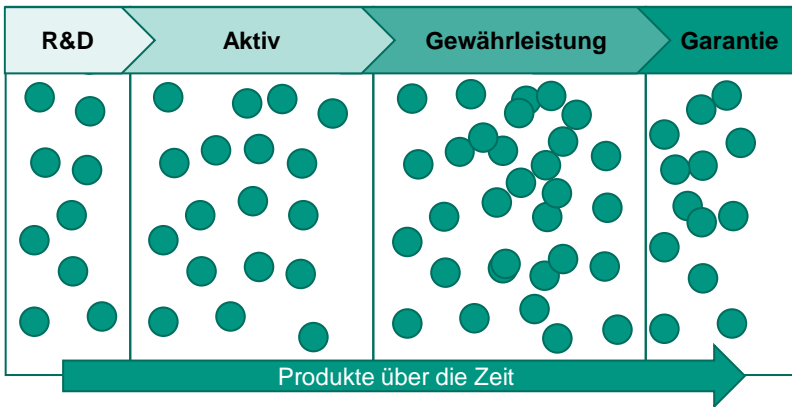


Abbildung 2.32: Ansatz zur Visualisierung der Portfoliogröße und -erneuerung in den Lebenszyklusdimension. Die Beantwortung zweier Kernfragen soll mit der Darstellung unterstützt werden: (I) Wie viele Produkte müssen wir in jeder Phase verwalten? (II) Wie viele Produkte müssen wir in jeder Phase in der Zukunft verwalten? Abbildung adaptiert nach Lahtinen et al. (2021).

Die Wachstums- und Erneuerungsrate des Produktportfolios kann nach Lahtinen et al. (2021) durch die Bestimmung der Anzahl an Produktvarianten in jeder Lebenszyklusphase bestimmt werden. Die Übersicht zeigt auf, welche Produktvarianten in welcher Lebenszyklusphase stehen. (Lahtinen et al., 2021)

Die grundsätzlichen Lebensphasen decken sich hier mit der Beschreibung der Weiterentwicklung nach Tolonen et al. (2015) als horizontale und vertikale Entwicklung, welche in Abbildung 2.23 gezeigt ist. Aufbauend auf dem Verständnis der Weiterentwicklung wird ein Prozessmodell aufgebaut, welches Aktivitäten zur Weiterentwicklung des Produktportfolios vorschlägt. Das Produktportfoliomanagement-Prozessdiagramm nach Tolonen et al. (2015) zeigt in Abbildung 2.33 Rollen, Aufgaben und Vorlagen, um die Produktportfoliomanagementaktivitäten in den Entscheidungsfindungsprozess zur Weiterentwicklung von Produktportfolios mit aufzunehmen. Die Zusammensetzung der Board-Mitglieder wird nicht weiter definiert. Entsprechend dem vorgeschlagenen PPM Prozessdiagramm wird zunächst eine Strategie für das Unternehmen in Form eines Leitbilds erarbeitet. In darauffolgenden Schritten werden die PPM Ziele in ein Mission-Statement überführt und über das Produktportfoliomanagement-Team (PPMT) in mehreren Schritten aufbereitet. Im letzten Schritt werden die Entscheidungen zur Weiterentwicklung des Produktportfolios in Zusammenarbeit mit den operativen Geschäftsprozessmanagern und dem Produktportfolio-Management-Board (PPMB) getroffen. Sobald der Prozess implementiert ist, sollte dieser je nach Geschäftsdynamik mindestens einmal im Jahr wiederholt werden. (Tolonen et al., 2015)

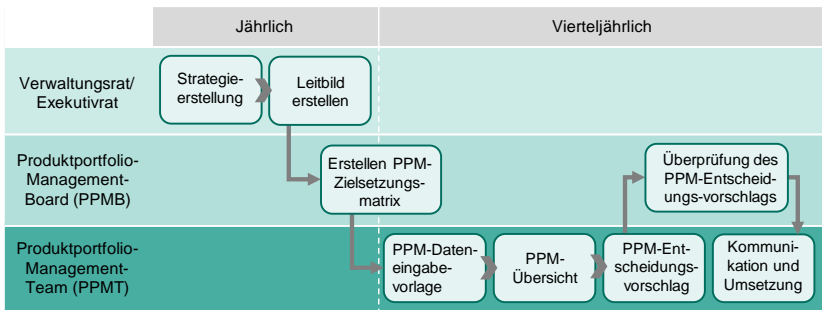


Abbildung 2.33: Prozessvorschlag für das Produktportfoliomanagement (PPM) nach Tolonen et al. (2015). Der Prozess wird iterativ durchlaufen und die Elemente im Prozess werden bei Bedarf aktualisiert. Darstellung adaptiert nach Tolonen et al. (2015).

Das Produktportfoliomanagement und das Lieferantenmanagement sind durch die Subsysteme oder Produkte, welche über den Zukauf bezogen werden, eng miteinander verbunden. Verrollet et al. (2017) zeigen Herausforderungen bei der Verbindung des Produktportfoliomanagements und des Lieferantenmanagements auf und geben erste Ansätze, wie sie aufeinander abgestimmt werden können, um sich auf

die strategischen und profitablen Produkte und die zugehörigen Lieferanten fokussieren zu können. Die wichtigsten neun Punkte bei der Verknüpfung von Produkt und Lieferantenmanagement werden herausgearbeitet: (1) Lieferisiko, (2) Auswirkungen auf den Gewinn, (3) Vorhersagbarkeit der Nachfrage, (4) Produktlebenszyklus, (5) Produktvielfalt und Ausbreitung des Produktportfolios, (6) Qualität, (7) Differenzierung, (8) Heterogenität und Innovationsgrad des Produktportfolios, (9) Portfoliodynamik. (Verrollot et al., 2017)

Um diese Punkte zu adressieren, schlagen Verrollot et al. (2017) fünf Voraussetzungen vor, um die Abstimmung zu erleichtern:

- Schaffen eines gemeinsamen Grundverständnisses für das Produktportfoliomanagement-Konzept
- Beschreibung des Lieferantenmanagement-Konzepts
- Definition und Umsetzung von strategischen Produktportfoliomanagement-Zielen und KPIs
- Beschreibung und Aktualisierung der strategischen Ziele und KPIs des Lieferantenmanagements
- Abgleich von Produktportfoliomanagement und Lieferantenmanagement.

Nach Verrollot et al. (2017) zeigt sich die strategische Ausrichtung zwischen Produktportfoliomanagement und Lieferantenmanagement als Herausforderung, da diese weder klar verstanden noch umgesetzt wird.

Cooper et al. (2000) stellt zwei Ansätze zur Verknüpfung des Produktportfoliomanagements mit dem Stage-Gate-Modell vor. Der erste Ansatz „Die Gates Dominieren“ ist zu empfehlen, wenn bereits ein etablierter Stage-Gate-Ansatz in der Entscheidung zu neuen Projekten vorliegt. Die Annahme ist, dass in einem laufenden Stage-Gate-Prozess die Anpassung bereits adäquat stattfindet. Im ersten Ansatz wird die Entscheidung zur Portfolioanpassung demnach innerhalb des Stage-Gate-Ansatzes an Gates auf Projektebene getroffen. Das Gesamtportfolio wird nur selten reflektiert. Der Ansatz wird häufig bei größeren Unternehmen angewandt. Beim zweiten Ansatz „Portfolio Review dominiert“ wird mittels der Portfolioüberprüfung regelmäßig die Entscheidung über Projekte getroffen. Grundannahme ist, dass die Projekte gegeneinander konkurrieren. Die Gates dienen dabei der Kontrolle, ob alle Projekte wie geplant voranschreiten. (Cooper et al., 2000)

Auch im Bereich des Produktmanagements finden agile Ansätze Anwendung. Die agilen Ansätze ermöglichen es, schneller auf Veränderungen zu reagieren und die Produktivität in der Forschung und Entwicklung zu steigern. Gleichzeitig ergeben

sich jedoch durch die Kombination von agilen und traditionellen Ansätzen Herausforderungen in der Weiterentwicklung von Produktportfolios in Unternehmen, bspw. bei der Frage, wie Priorisierungsentscheidungen getroffen werden. Agile Stage-Gate-Projekte entwickeln sich kontinuierlich weiter und sind stark iterativ geprägt, was es erschwert, den Fortschritt sowie den wirtschaftlichen Wert eines Projekts über die Zeit abzuschätzen. Cooper und Sommer (2020) schlagen Lösungsansätze und Werkzeuge vor, um mit den Herausforderungen zwischen Projekt- und Produktportfoliomanagement umzugehen. Konkret ergibt sich aus der Einführung von Agilität in den Stage-Gate-Prozess eine zunehmende Veränderung des Portfolios und ein daraus resultierendes dynamischeres Produktportfolio. Erste Ansätze wie die zeitpunktbezogene Bestimmung des erwarteten kommerziellen Werts (Abbildung 2.34), Burndown-Diagramme, Produktivitätsindex und Strategic Buckets stehen zur Verfügung, um diese Herausforderungen zu bewältigen. (Cooper, 2016; Cooper & Sommer, 2020)

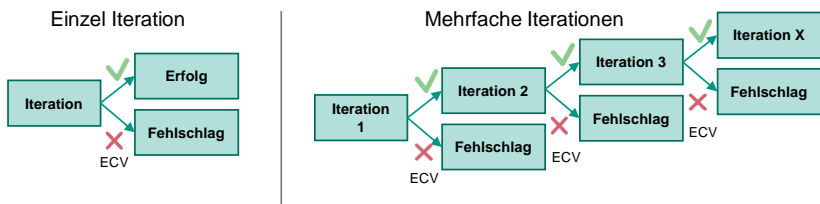


Abbildung 2.34: Entscheidung auf Basis des „Expected Commercial Value“ (ECV) = (Reward x Probability) – Cost, links einstufig, rechts mehrstufig über den Entwicklungsprozess (Cooper & Sommer, 2020). Darstellung adaptiert nach Cooper und Sommer (2020).

Der agile Stage-Gate-Ansatz zeigt bei ersten Anwendenden eine Steigerung der Geschwindigkeit und der F&E-Produktivität. Diese Verbesserung wird durch agile Iterationen früh im Entwicklungsprozess in Kombination mit Validierungsaktivitäten ermöglicht, was zu einer besseren Informationslage und Konkretisierung des Zielsystems in der frühen Phase führt. Die Autoren räumen ein, dass weitere Arbeiten erforderlich sind, um die Gültigkeit der Ansätze im agilen Umfeld zu bestätigen. Der Ansatz liefere jedoch einen Grundstein, nicht nur Projekte „richtig“ durchzuführen, sondern insbesondere die richtigen Projekte zu verfolgen, um das richtige Produktportfoliomanagement zu betreiben. (Cooper & Sommer, 2020)

Die Weiterentwicklung von Produktportfolios kann dabei entsprechend einer spezifischen Zielstellung erfolgen. Nachfolgend wird ein Ansatz zur Digitalisierung von Produktportfolios vorgestellt.

Echterfeld und Gausemeier (2018) entwickeln einen ganzheitlichen Ansatz zur Digitalisierung von Produktportfolios. Sie stellen eine Methodik vor, die es Unternehmen ermöglichen soll, ihr Produktportfolio strategisch auf die Digitalisierung auszurichten und das Portfolio erfolgreich in das digitale Zeitalter zu transformieren. Die Methodik greift bestehende Ansätze wie die Szenariotechnik und Produkt-Roadmaps auf und integriert sie gemeinsam mit neuen Ansätzen in einem vierphasigen Prozess (Abbildung 2.35). (Echterfeld & Gausemeier, 2018)

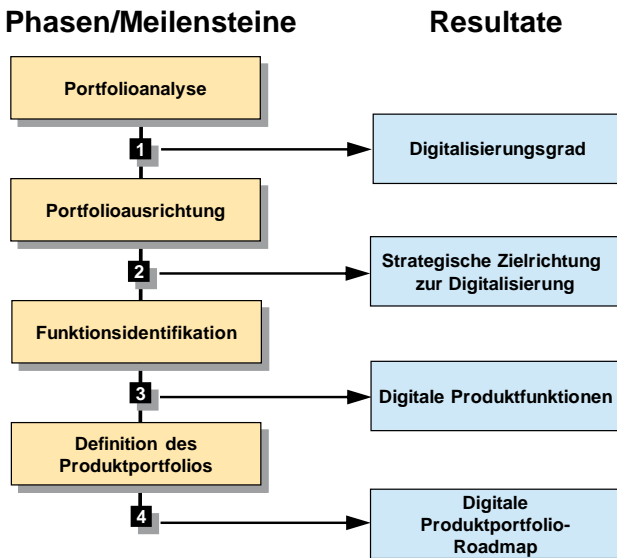


Abbildung 2.35: Vorgehensweise zur Digitalisierung von Produktportfolios (Echterfeld & Gausemeier, 2018). Darstellung adaptiert nach Echterfeld und Gausemeier (2018).

(I) Portfolioanalyse

In der ersten Phase wird das Produktportfolio analysiert, um den aktuellen Grad an Digitalisierung zu bestimmen. Dafür werden alle Produktgruppen im Unternehmen erfasst und anhand ihrer Merkmale formal beschrieben. Die Produktgruppen mit denselben Merkmalen werden zusammengefasst, um die Anzahl zu reduzieren und einen Vergleich mit Wettbewerbern zu ermöglichen. Die digitalen Funktionen jeder Produktgruppe werden identifiziert und in Kategorien eingeteilt. Ebenfalls werden die digitalen Merkmale von Wettbewerbsprodukten analysiert. Auf Grundlage der digitalen Merkmale wird der Digitalisierungsgrad als Verhältnis von umgesetzten zu

möglichen Digitalisierungsfunktionen gebildet. Bspw. erreicht der Saugroboter in der Fallstudie acht von 22 möglichen digitalen Funktionen. Die Ergebnisse werden in einem „Digitalisierungs-Cockpit“ dokumentiert. (Echterfeld & Gausemeier, 2018)

(II) Portfolioausrichtung

In der zweiten Phase wird das Produktportfolio strategisch in Richtung Digitalisierung erweitert. Mittels Szenariotechnik werden verschiedene Zukünfte auf Basis von Einflussfaktoren antizipiert (Gausemeier & Plass, 2014). Basierend auf den Szenarien wird ein Referenzszenario ausgewählt und eine strategische Ausrichtung für die Digitalisierung des Portfolios beschlossen. Zur Erreichung des Szenarios wird eine Szenario-Roadmap erstellt, welche aufzeigt, wie sich die Einflussfaktoren und Produkte bis zum Szenarieneintritt entwickeln könnten. Die Entwicklung der Produktgruppen folgt einer von vier Normstrategien: „Angriff“, „Verteidigung“, „Auslaufen“ und „Recycling“. (Echterfeld & Gausemeier, 2018)

(III) Funktionsidentifikation

In der dritten Phase sollen innovative digitale Produktfunktionen für die ausgewählte Produktgruppe des Portfolios identifiziert werden. Eine digitale Produktfunktion wird hierbei als funktionale Eigenschaft verstanden, die dem Kunden einen direkten Nutzen bietet. Die Ermittlung des Nutzens erfolgt in zwei Schritten. (I) Die Ermittlung potenziellen Kundennutzens. Es werden Probleme („Pains“) und Wünsche („Gains“) des Kunden durch eine Kundenanalyse herausgearbeitet. (II) Suche nach digitalen Produktfunktionen. (Echterfeld & Gausemeier, 2018)

(IV) Definition des Produktportfolios

In der vierten Phase wird festgelegt, welche Produktgruppen mit welchen digitalen Funktionen erweitert werden. Um die Anzahl und Komplexität beherrschbar zu machen, werden ausgewählte Funktionen in Pakete geclustert (Schuh, 2005). Die Ähnlichkeit von Funktionen zueinander wird mit einer multidimensionalen Skalierung in einer Funktionskarte visualisiert. Jedes Paket kann weiter in kleinere Pakete unterteilt werden. Diese „Unterpakete“ werden im letzten Schritt strategisch den Produktgruppen des Produktportfolios zugeordnet. Je nach Zuordnung ergibt sich ein ungleicher Digitalisierungsgrad über die Bereiche des Produktportfolios. Die Umsetzung der Digitalisierungsmaßnahmen wird in einer Produktportfolio-Roadmap aufgegriffen, welche das Endergebnis der Methodik darstellt. Die Roadmap sollte in regelmäßigen Abständen überprüft und aktualisiert werden. (Echterfeld & Gausemeier, 2018)

Neben der Fokussierung auf die Digitalisierung von Produktportfolios wird nachfolgend ein Ansatz zur zukunftsorientierten Zusammenführung von Produktportfolios mit zahlreichen Varianten vorgestellt.

Dülme (2018) erarbeitet eine *Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme*. Die Systematik untergliedert sich in vier Phasen, welche in Abbildung 2.36 zu sehen sind.

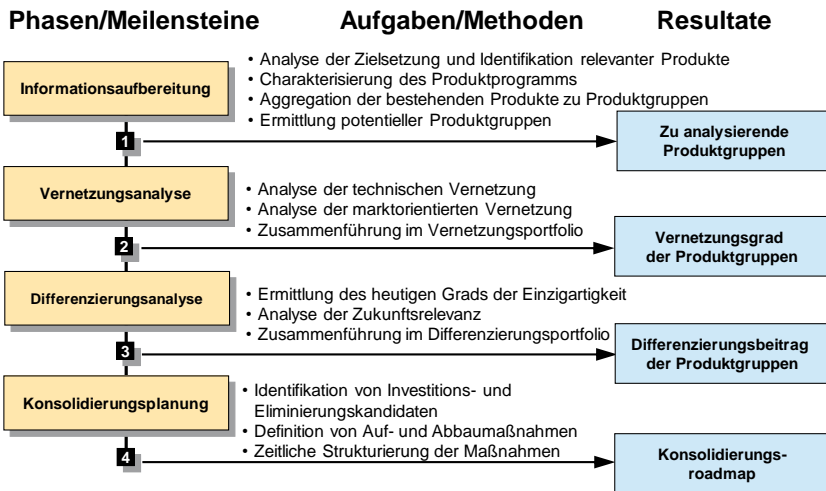


Abbildung 2.36: Vorgehensmodell zur Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung von variantenreichen Produktprogrammen (Dülme & Lehner, 2017). Darstellung in Anlehnung an Dülme (2018).

(I) Informationsaufbereitung

Der erste Schritt des Vorgehens beschäftigt sich mit der Analyse der Zielsetzung und Identifikation von relevanten Produkten im betrachteten Unternehmen. Die Produktvarianten werden anhand ihrer Eigenschaften zu einer überschaubaren Anzahl von Produktgruppen aggregiert. In Anlehnung an Schuh und Riesener (2017) werden weitere potenzielle Produktgruppen mit technologisch denkbaren, aber noch nicht im Portfolio enthaltenen Lösungen erweitert. Ergebnis ist ein Katalog bestehend aus aktuellen sowie potenziellen Produktgruppen. (Dülme & Lehner, 2017; Dülme, 2018)

(II) Vernetzungsanalyse

In dieser Phase werden die Wechselwirkungen der Produkte im Produktprogramm hinsichtlich der technischen und der marktorientierten Vernetzung analysiert. Bei der technischen Vernetzung steht die Betrachtung über einen paarweisen Vergleich der Stücklisten zur Identifikation von Gleichteilen im Vordergrund. Die marktorientierte Vernetzung wird über die Analyse von Warenkörben und daraus folgenden Produktketten gebildet. Dadurch lässt sich ableiten, welche Produkte miteinander verbunden sind. Ergebnis der Phase ist ein Vernetzungsgrad für die jeweils betrachteten Produktgruppen. (Dülme & Lehner, 2017; Dülme, 2018)

(III) Differenzierungsanalyse:

Im Rahmen der Differenzierungsanalyse soll die Einzigartigkeit der Produktgruppen im Vergleich zum Wettbewerb betrachtet werden sowie deren Zukunftsrelevanz. Die Einzigartigkeit wird über einen Vergleich der Eigenschaften der eigenen Produkte gegenüber den Wettbewerbsprodukten bewertet. Für die Bestimmung der Zukunftsrelevanz wird eine Trendanalyse vorgeschlagen. Ergebnis der Phase stellt die Bewertung der Einzigartigkeit sowie des Differenzierungsbeitrags der Produktgruppen dar. (Dülme & Lehner, 2017; Dülme, 2018)

(IV) Konsolidierungsplanung:

Die letzte Phase fokussiert die Konsolidierung der Produktgruppen unter Berücksichtigung des Vernetzungsgrads und des Differenzierungsbeitrags. Basierend auf der Differenzierungs- sowie der Vernetzungsanalyse werden für kritische Produktgruppen drei Normstrategien vorgeschlagen: Eliminieren, Halten und Investieren (Dülme, Eckelt, Friebe & Gausemeier, 2016). Die ermittelten Trends geben Impulse für Produktanpassungen in Produktgruppen, in die weiter investiert werden soll. Im Gegensatz dazu lassen sich mithilfe der Hebelwirkungen zu erwartende Umsatzeinbußen bei einer Produkteliminierung abschätzen. Alle geplanten Maßnahmen werden auf zeitliche Abhängigkeit analysiert und in eine Konsolidierungs-Roadmap überführt. Zentrales Ergebnis der Phase ist die Konsolidierungs-Roadmap, die aufzeigt, welche unprofitablen Produkte zugunsten von Produkten mit hohem Innovationspotenzial abgekündigt werden sollen. (Dülme & Lehner, 2017; Dülme, 2018)

Die Systematik zur Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme hat ihren Betrachtungsschwerpunkt auf der Variantenebene des Produktportfolios. Eine ebenenübergreifende Betrachtung zur Planung des Produktportfolios wird nachfolgend vorgestellt.

Söllner (2016) entwickelt eine Methode zur Planung eines zukunftsfähigen Produktportfolios. Die Methode fokussiert dabei die Unterstützung von Entscheidungssituationen der strategischen Planung mithilfe von sechs Phasen, welche sequenziell durchlaufen werden. Die Phasen sind in Abbildung 2.37 mit den entsprechend schematisch dargestellten Zwischenergebnissen zu sehen. Die Methode schließt mit einem Monitoring-Konzept, um die Planungsinhalte in den nachfolgenden Phasen der Produktentstehung zu verankern. (Söllner, 2016)

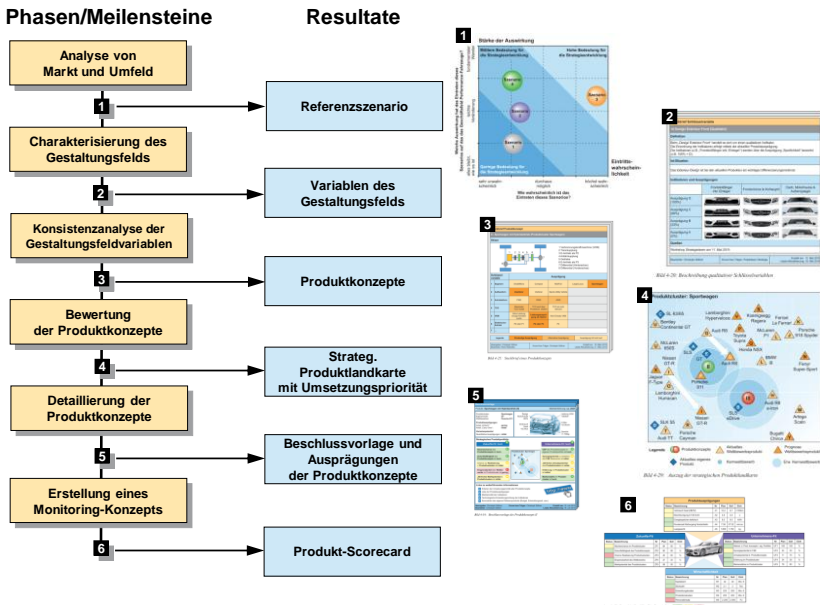


Abbildung 2.37: Vorgehen der Methode zu Planung und Monitoring eines zukunftsfähigen Produktportfolios (Söllner, 2016). Darstellung zusammengeführt nach Söllner (2016).

(1) Analyse von Markt und Umfeld: Basierend auf der Szenariotechnik nach Gausemeier und Plass (2014) werden mehrere Szenarien mit Einfluss- und Schlüsselfaktoren erstellt und ein bestimmtes Referenzszenario ausgewählt. Das Referenzszenario stellt den Ausgangspunkt für die folgenden Phasen dar. (Söllner, Gausemeier & Rübelke, 2015)

(2) Charakterisierung des Gestaltungsfelds: Im zweiten Schritt wird der Lösungsraum mittels „Freiheitsgraden des Gestaltungsfelds“ definiert. Relevante Variablen zukünftiger Produkte werden festgelegt. In Analogie zu der Szenariotechnik nach

Gausemeier und Plass (2014) werden die Schlüsselvariablen über die Bildung eines System-Grids herausgestellt. Abschließend werden die Schlüsselvariablen um Ausprägungen und Indikatoren ergänzt. Eine Ausprägung ist bspw. eine „hohe Leistung des Verbrennungsmotors“ und einen exemplarischen Indikator stellt bspw. „Leistung [kW]“ dar. (Söllner et al., 2015; Söllner, 2016)

(3) Konsistenzanalyse der Gestaltungsfeldvariablen: Analog zu der Szenariotechnik nach Gausemeier und Plass (2014) wird eine Konsistenz- und Clusteranalyse durchgeführt. Die daraus resultierenden Ausprägungsbündel werden weiter als Produktkonzepte aufgegriffen. (Söllner et al., 2015; Söllner, 2016)

(4) Bewertung der Produktkonzepte: In einer Vorselektion werden die Produktkonzepte mittels Markt- und Umfeld-Szenarien initial bewertet. Im nächsten Schritt werden Serienprodukte des eigenen Unternehmens oder von Wettbewerbern mit Schlüsselvariablen, welche dem Produktkonzept entsprechen, bewertet (Vgl. Gausemeier & Plass, 2014). Durch die Betrachtung ergibt sich eine strategische Produktlandkarte, welche die Produktkonzepte und ihre Ähnlichkeit zueinander darstellt. Mittels der Dimensionen „Zukunfts-Fit“ und „Unternehmens-Fit“ werden die Umsetzungsprioritäten der Produktkonzepte festgelegt. (Söllner, 2016)

(5) Detaillierung der Produktkonzepte: Die bisherigen Produktausprägungen werden nun in quantifizierte Größen überführt. Dies geschieht unter Berücksichtigung der aktuellen Markt- und Technologierelevanz und der erarbeiteten strategischen Produktlandkarte. Entsprechend einer definierten Logik kann die Quantifizierung der Produktausprägungen teilautomatisiert erfolgen. Wie in Abbildung 2.37 schematisch zu sehen ist, ergibt sich aus diesem Schritt eine Beschlussvorlage für das jeweilige Produktkonzept. (Söllner, 2016)

(6) Erstellung eines Monitoring-Konzepts: Um die Informationen aus Schritt eins bis fünf aufzugreifen, werden Planungsprämissen abgeleitet. Basierend auf diesen Prämissen wird in einem Monitoring Konzept mittels einer Produkt-Scorecard, welche die Bereiche „Unternehmens-Fit“, „Zukunfts-Fit“, „Produktausprägungen“ und „Wirtschaftlichkeit“ umfasst, die weitere Entwicklung für ausgewählte Produktkonzepte überwacht (Söllner, 2016).

2.4.6 Zwischenfazit

Die Betrachtung mehrerer Produkte in Produktportfolios erweitert den Stand der Forschung um Ansätze zur Beschreibung und Weiterentwicklung von Produktportfolios. Ein einheitliches Begriffsverständnis der Begriffe *Portfolio* und *Produktportfolio* wird erarbeitet. Das Produktportfoliomanagement stellt dabei das Bindeglied zwischen Produktentwicklung und Unternehmensstrategie dar und ist somit zwischen der Produktentwicklung und der strategischen Produktplanung zu verorten (Kreimeyer et al., 2021). Das Produktportfoliomanagement verfolgt vier übergeordnete Ziele: Maximieren des Wertes des Portfolios, Ausgewogenheit des Portfolios, strategische Ausrichtung des Portfolios und die richtige Anzahl an Elementen im Portfolio (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 1999). Die Grundaufgabe des Produktportfoliomanagements ist es, das Produktportfolio hinsichtlich der Zukunftsaussichten und des Risikos mit vorhandenen Mitteln ausgewogen zu entwickeln, um langfristig erfolgreich zu bleiben (Kreilkamp, 2010).

Diese Ziele, Herausforderungen und Zusammenhänge werden in weiteren Studien zur Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios vertieft. So werden in den meisten Unternehmen die Entscheidungen zur Weiterentwicklung eher ad hoc auf Ebene einzelner Produkte und ohne systematische Analyse des Portfolios getroffen. Fünf zentrale Herausforderungsfelder werden bei der Produktportfolioweiterentwicklung angegangen (Tolonen et al., 2015). Der Fokus vieler bestehender Ansätze liegt dabei im Bereich des „New Product Development“. Der Einfluss auf bestehende Produkte und daraus resultierende Änderungen wird häufig nicht betrachtet (Tolonen, Kropsu-Vehkaperä & Haapasalo, 2014). Wheelwright, S. C., and K. B. Clark (1992) präzisieren den Bereich der Neuentwicklungen in fünf unterschiedliche Kategorien anhand der Veränderung des Produktes und des Prozesses. Grundlegende Zusammenhänge werden untersucht, bspw. wie die Innovationsfähigkeit auf Portfolioebene durch das Produktmanagement gefördert werden kann (Urhahn & Spieth, 2013) oder wie die direkten Entscheidungen durch Manager die Unternehmensleistung beeinflussen (McNally et al., 2013). Cooper und Edgett (1999) zeigen den Zusammenhang, dass das Vorhandensein eines Produktportfoliomanagementprozesses mit besseren Ergebnissen verbunden ist. Produktportfoliomanagementprozesse benötigen jedoch viel Zeitaufwand und werden häufig vom Management nicht verstanden und nicht als benutzerfreundlich empfunden (Cooper et al., 1999). Die Studien zur Analyse der Weiterentwicklung stellen damit grundlegende Zusammenhänge und erste Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios dar.

Bestehende Ansätze zur Beschreibung von Produktportfolios liefern eine Grundlage für die Modellierung. So ist beispielsweise die Einteilung des Produktportfolios in Ebenen wie Produktlinien und Produktfamilien sowie Produktvarianten weit

verbreitet (Hannila, Koskinen et al., 2020; Krause & Gebhardt, 2018). Ebenfalls existieren Visualisierungsansätze, um die Beschreibung der Weiterentwicklung zu unterstützen (Jonas & Krause, 2011; Ulonska & Welo, 2016).

Im Bereich der Optimierung der idealen Anzahl an Varianten im Produktportfolio existiert eine Vielzahl von Ansätzen, die mit spezifischen Kriterien, unter anderem zu Kosten und Material der Produkte, Optimierungsalgorithmen aufstellen. Die Anwendung dieser in der frühen Phase der Produktentwicklung ist jedoch aufgrund von häufig mangelnden oder vagen Daten mit Unsicherheit behaftet (Danesh et al., 2017).

Die Weiterentwicklung von Produktportfolios soll den Unternehmenserfolg langfristig sichern. Mithilfe von konventionellen Ansätzen zur Weiterentwicklung können häufig keine Aussagen getroffen werden, wo die Prioritäten der Weiterentwicklung zu setzen sind (Kreilkamp, 2010). Die Weiterentwicklung scheitert mitunter an einer unzureichenden Bewertung und Priorisierung der Projekte (Doorasamy, 2017). Das Produktportfolio muss in allen Lebenszyklusphasen überwacht und effizient gehalten werden, um eine Gesamtrentabilität zu gewährleisten (Lahtinen et al., 2021). Verschiedene Ansätze wie die „Methode zur Planung eines zukunftsfähigen Produktportfolios“ verknüpfen Elemente der Methoden der Vorausschau wie die Szenariotechnik (Siebe & Fink, 2011) mit der Weiterentwicklung von Produktportfolios und unterstützen die Entwicklung neuer Produkte über ein lösungsbezogenes Gestaltungsfeld (Söllner, 2016). Dülme (2018) beschreibt einen Ansatz zur zukunftsorientierten Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme. Echterfeld und Gausemeier (2018) zeigen einen Weiterentwicklungsansatz zur Digitalisierung des Produktportfolios auf.

Die bestehenden Ansätze zur Betrachtung mehrerer Produkte in Produktportfolios konzentrieren sich mehrheitlich auf die Entwicklung neuer Produkte, berücksichtigen jedoch nicht die Auswirkungen verschiedener Einflüsse auf das Portfolio sowie deren Wirkung auf den Ebenen des Produktportfolios. Die Ansätze greifen mehrheitlich keine Referenzen bei der Entwicklung auf, wie es für eine effiziente Entwicklung erforderlich wäre, und versuchen in der frühen Phase der Produktentwicklung bereits mit lösungsorientierten Gestaltungsvariablen zu arbeiten, ohne die Bedarfssituation von Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen über das Produktprofil zu antizipieren. Dies soll in der Erarbeitung eines Unterstützungsansatzes zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios aufgegriffen werden.

2.5 Gesamtfazit zu den Grundlagen und dem Stand der Forschung

Zu Beginn wird in Kapitel 2.1 zur Einführung in den Stand der Forschung das grundlegende Innovationsverständnis in der Produktentstehung erarbeitet, das dieser Arbeit zugrunde liegt. Der Innovations-Begriff erfährt eine heterogene Verwendung und kann in mehrere Facetten unterteilt werden. Für die vorliegende Arbeit ist jedoch das umfassende Verständnis über die Innovationsgleichung nach Albers und Heimicke et al. (2018) zutreffend. Innovation setzt sich zusammen aus einer Kombination von Bedarfssituation (über ein Produktprofil), technischer Neuerung (über eine Invention) und Markteinführung (mit eintretendem Markterfolg). Das Produktprofil spielt dabei in der noch lösungsoffenen frühen Phase der Produktentwicklung eine zentrale Rolle.

Aufbauend auf einem gemeinsamen Innovationsverständnis werden verschiedene Vorgehensmodelle zur Weiterentwicklung von Produkten vorgestellt. Gemein haben alle Vorgehensmodelle, dass diese einen unerwünschten aktuellen Zustand über Aktivitäten in einen gewünschten Zustand leiten möchten. Die Vorgehensmodelle erstrecken sich über verschiedene Ebenen von grundlegenden Problemlösungsmethoden wie der SPALTEN-Methode über Meta-Modelle zur Ableitung von Produktentstehungsprozessen hin zu einem Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen, welches die strategische Produktplanung und Produktentwicklung als verknüpfte Zyklen aufgreift. Die strategische Produktplanung ist vor dem Hintergrund der zukunftsgerichteten Produktentwicklung von besonderem Interesse. In einer systematischen Literaturrecherche wird gezeigt, dass aktuell verschiedene Formen der zukunftsgerichteten Produktentwicklung existieren, jedoch keine einheitliche Definition vorliegt. Das Begriffsverständnis zukunftsrobuster Weiterentwicklung von Produktportfolios wird in Abgrenzung zu zukunftsorientierter und zukunftsicherer Produktentwicklung herausgearbeitet. Zwei Ansätze aus dem Bereich der zukunftsorientierten Produktentwicklung werden als unmittelbare Vorarbeiten vorgestellt, die Methoden der Vorausschau wie Szenarien mit der Entwicklung über Produktprofile verknüpfen.

Korrelierend mit den Vorgehensmodellen werden ebenfalls Beschreibungsansätze zur Weiterentwicklung von Produkten betrachtet. Zu Beginn wird eine Einführung in die Modell- und Systemtheorie gegeben. Darauf aufbauend wird das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers als grundlegendes Beschreibungsmodell für die Entwicklung neuer Systeme auf Basis von Referenzen eingeführt. Das Modell stellt die Basis dar, um die Beschreibung der Weiterentwicklung von Produkten in Produktportfolios zu ermöglichen.

Insbesondere kann die frühe Phase der Produktentstehung im Modell der SGE betrachtet, hinsichtlich des Entwicklungsrisikos und der geplanten Änderungsumfänge bewertet und modelliert werden. Das Unsicherheitsdilemma stellt in der frühen Phase der Produktentwicklung eine zentrale Herausforderung dar. Aufgrund dessen sind weitere Modellierungsansätze wie das Referenzproduktmodell (Albers et al., 2020) nötig, um die spätere physische Gestalt des zu entwickelnden Systems, Funktionen und Eigenschaften vorzudenken und zu spezifizieren.

Die Betrachtung von Ansätzen zur Beschreibung sowie zum Vorgehen bei der Weiterentwicklung einzelner Produkte wird durch Ansätze zur Betrachtung der Weiterentwicklung mehrerer Produkte in Produktportfolios erweitert. Hierzu wird ein Begriffsverständnis zu Produktportfolio und Zielen des Produktportfoliomanagements erarbeitet. Ein grundlegendes Verständnis der Weiterentwicklung von Produktportfolios wird mit bestehenden Studien erreicht. Allgemeine Ziele und Herausforderungen im Produktportfoliomanagement lassen sich aus der Literatur ableiten. Bestehende Ansätze zur Beschreibung und Visualisierung von Produktportfolios bieten eine Ausgangsbasis für die Erarbeitung eines Unterstützungsansatzes in der vorliegenden Arbeit. Zahlreiche Ansätze existieren im Bereich der metrikfokussierten Ansätze zur Weiterentwicklung, welche insbesondere auf die Optimierung bestehender Portfolios auf Variantenebene abzielen. Vorgehensmodelle zur Weiterentwicklung von Produktportfolios unterstützen bei der Auswahl und Durchführung von Aktivitäten zur Weiterentwicklung. Es werden Rollen in einem Unternehmen vorgeschlagen sowie in welchen Zyklen diese aktiv werden sollten. Ansätze zum Vorgehen beispielsweise in Kombination mit Agilität sollen die Effizienz bei der Auswahl von Produkten in Produktportfolios steigern. Ansätze, welche sich beispielsweise auf die Digitalisierung von Produktportfolios, die Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme oder auch die Planung eines zukunftsfähigen Produktportfolios fokussieren, verknüpfen in Teilen Elemente der strategischen Produktplanung mit der Produktentwicklung und stellen damit wertvolle Referenzen für die Entwicklung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios dar.

3 Forschungsbedarf und Zielsetzung

Im folgenden Kapitel wird zunächst der grundlegende Forschungsbedarf aufgezeigt. Aufbauend auf dem grundlegenden Forschungsbedarf wird die Zielsetzung abgeleitet und Forschungsfragen und Hypothesen aufgestellt.

3.1 Forschungsbedarf

Kürzere Produktlebenszyklen, immer komplexere, vernetzte Produkte und ein volatiles Geschäftsumfeld erhöhen die Herausforderung bei der zukunftsrobusten Entwicklung von Produkten (Alfieri et al., 2020; ElMaraghy et al., 2013). Die steigende Systemkomplexität und die damit verbundene steigende Interdisziplinarität in der Entwicklung erweitern diese Herausforderungen (Luttikhuis, Lange, Lutters & Klooster, 2015) und führen in Summe dazu, dass die aktuellen Herausforderungen in der Produktentwicklung mit herkömmlichen Methoden und Ansätzen bald nicht mehr bewältigt werden können (Dumitrescu, Albers, Riedel, Stark & Gausemeier, 2021). Aufgrund des vernetzten und volatilen Produktentwicklungsumfelds des 21. Jahrhunderts steht insbesondere das Produktportfoliomanagement vor wachsenden Herausforderungen (Tolonen et al., 2014).

Die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios stellt eine zentrale Schlüsselaktivität für Unternehmen dar, um langfristig am Markt erfolgreich zu sein (Cooper & Edgett, 1999). Unternehmen müssen das Produktportfolio immer wieder um neue Produkte mit hohem Innovationspotenzial ergänzen, um auf sich verändernde Nachfragen und Umweltveränderungen zu reagieren (Mikkola, 2001). Insbesondere das Produktportfoliomanagement als Schnittstelle zwischen strategischer Produktplanung und Produktentwicklung steht vor wachsenden Herausforderungen (Tolonen, Kroppu-Vehkaperä & Haapasalo, 2014; Uemura Reche, Canciglieri Junior, Estorilio & Rudek, 2020). Die Ableitung neuer Innovationspotenziale über Produktprofile legt dabei einen Grundstein für die erfolgreiche Erweiterung des Produktportfolios um neue Produkte (Albers, Heimicke et al., 2018). Es bedarf eines Wandels von der fachdisziplinorientierten Produktentwicklung zur vorausschauenden und systemorientierten Produktentstehung (Albers & Gausemeier, 2012). Für Unternehmen ist es daher erforderlich, die Entwicklung von Produktportfolios mit einer hohen Aussicht auf erfolgreiche Integration neuer Innovationen im Portfolio durchzuführen. Wie

bestehende Interviewstudien zeigen, kommen jedoch nicht alle Unternehmen mit der Herausforderung zurecht und es besteht ein Bedarf an Unterstützung bei der zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios (Doorasamy, 2017; Tolonen, Kropsu-Vehkaperä & Haapasalo, 2014). Tolonen, Kropsu-Vehkaperä und Haapasalo (2014) zeigen in einer Interviewstudie auf, dass die Beschreibung und Wahrnehmung von Produktportfolios und Teilen des Portfolios nicht klar definiert sind und nicht einheitlich gesehen werden. Weitere Umfragen mit Unternehmen und Expertinnen und Experten des Produktportfoliomanagements bemängeln, dass fast die Hälfte aller neuen Produktideen durch informelle Prozesse ausgewählt wird (McNally et al., 2013). So werden in den meisten Unternehmen Entscheidungen über das Hinzufügen oder Entfernen von Produkten eher intuitiv und ad hoc auf der Ebene einzelner Produkte getroffen, anstatt auf der Grundlage einer systematischen Analyse des Portfolios (Tolonen et al., 2015).

Neben Bedarfen aus der Praxis zeigen auch bestehende Modelle Potenziale zur Erweiterung auf. So ergeben konventionelle Planungsinstrumente in der frühen Phase der Produktentwicklung häufig keine hinreichenden Aussagen, wo die Prioritäten bei der Weiterentwicklung zu setzen sind (Bruch & Bellgran, 2014; Kreilkamp, 2010). Weiterführend zeigen viele der Portfolio-Darstellungen lediglich eine Momentaufnahme des aktuellen Produktportfolios (Wendt, 2013). Bereits während der Entwicklung werden die Produktdefinition und der Projektplan der Produktportfolios ständig aufgrund verschiedener Einflüsse weiterentwickelt (Cooper & Sommer, 2020). Die zeitliche Weiterentwicklung sowie der Einfluss auf bestehende Produkte werden häufig nicht durch die Unternehmen modelliert. Dabei umfasst das Produktportfolio in vielen Unternehmen mehrere Ebenen und erfordert in der Regel komplizierte Entscheidungsfindungsmethoden, welche wiederum große Mengen an Eingangsinformationen erfordern, um fundierte Entscheidungen treffen zu können (Danesh et al., 2017). Doorasamy (2017) stellt über empirische Untersuchungen heraus, dass es kein einheitliches Modell für die Weiterentwicklung von Produktportfolios gibt, es jedoch unumgänglich ist, die Produktentwicklung mit der strategischen Planung zu synchronisieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Bedarf an Unterstützungsansätzen für die Beschreibung und systematische Identifikation von neuen Produkten mit hohem Innovationspotenzial in der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios vorhanden ist. Es bedarf eines übergreifenden Ansatzes, um die Weiterentwicklung von Produktportfolios unter Bezugnahme bestehender Methoden zu unterstützen und systematisch zu gestalten.

3.2 Zielsetzung

Nachfolgend soll auf Grundlage des Forschungsbedarfs der Zweck des Forschungsvorhabens sowie das Ziel, als das zu erreichende Ergebnis, definiert werden (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Zweck des Forschungsvorhabens („Aim“):

Der übergreifende Zweck des Promotionsvorhabens besteht darin, Produktentwickelnden eine Unterstützung bereitzustellen, mit welcher sie ihr Produktportfolio zukunftsrobust über mehrere Generationen weiterentwickeln können.

Zielsetzung des Forschungsvorhabens („Goal“):

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Erarbeitung einer **Systematik zur ebenen- und produktübergreifenden** sowie **in Generationen denkenden, zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios** von produzierenden Unternehmen.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird stellenweise vereinfachend von „Systematik“ gesprochen. Sofern nicht anders spezifiziert, ist hiermit die „Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios“ als Gegenstand der vorliegenden Arbeit gemeint.

Die zu erarbeitende Systematik soll dabei unterstützen, unternehmensinterne und -externe Einflüsse auf das bestehende Produktportfolio zu identifizieren und daraus resultierende Anpassungsbedarfe an das Produktportfolio zur Steigerung des Innovationspotenzials systematisch abzuleiten. Hierzu werden folgende Teilziele aufgestellt:

- Es sollen aktuelle Herausforderungen in der Unternehmenspraxis sowie der Literatur in der Weiterentwicklung von Produktportfolios identifiziert und analysiert werden.
- Aufbauend auf den identifizierten Herausforderungen soll auf dem Stand der Forschung aufbauend ein Unterstützungsansatz erarbeitet werden.
- Der erarbeitete Unterstützungsansatz soll in verschiedenen Stufen bis hin zu einer initialen Umsetzung im Unternehmen angewandt und validiert werden.

3.3 Grundannahme und Forschungshypothesen

Zur Erarbeitung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios wird nachfolgende Grundannahme getroffen sowie aufbauende Forschungshypothesen formuliert, welche der vorliegenden Arbeit zugrunde liegen.

Grundannahme:

Als Grundannahme für die vorliegende Arbeit wird angenommen, dass das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach ALBERS sowie das Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen nach GAUSEMEIER geeignete Bausteine als Ausgangsbasis für die Entwicklung einer Unterstützung darstellen. (Albers & Rapp, 2022; Gausemeier et al., 2019)

Basierend auf der Grundannahme ergeben sich im Hinblick auf die Zielsetzung folgende zwei Forschungshypothesen:

Forschungshypothesen:

FH1 - Das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung ist auf Elemente des Produktportfolios zur Beschreibung der Weiterentwicklung übertragbar.

FH2 - Mit Methoden der strategischen Produktplanung kann das Vorgehen bei der gleichzeitigen Weiterentwicklung mehrerer Produkte in einem Produktportfolio unterstützt werden.

3.4 Forschungsfragen

Auf dem Forschungsbedarf sowie den gestellten Teilzielen aufbauend werden nachfolgend Forschungsfragen zur Operationalisierung des Forschungsvorhabens abgeleitet. Die Forschungsfragen werden in Anlehnung an die Stadien der DRM – Design Research Methodology in drei Gruppen geclustert und sollen zur Strukturierung dieser Arbeit dienen (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Fragestellungen zur deskriptiven Studie I:

FF1.1 - Welche **Herausforderungen** existieren bei der **Weiterentwicklung** von **Produktportfolios**?

FF1.2 - **Wie** läuft die **Weiterentwicklung** von **Produktportfolios** ab?

FF1.3 - Welche **Elemente** muss ein **Modell** zur **Weiterentwicklung** von **Produktportfolios** unter der Berücksichtigung von produktübergreifenden Einflüssen und Wechselwirkungen **aufgreifen** bzw. **abbilden**?

Fragestellungen zur präskriptiven Studie:

FF2.1 - Wie kann eine **Systematik** zur **zukunftsrobusten Weiterentwicklung** von **Produktportfolios** gestaltet werden?

FF2.2 - Wie kann ein **Modell** zur **Beschreibung** der **Weiterentwicklung** von Produktportfolios gestaltet sein?

FF2.3 - Wie kann ein **Modell** zur **Identifikation** und **Ableitung** von **Produktprofilen** in der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios gestaltet werden?

Fragestellungen zur deskriptiven Studie II:

FF3.1 - **Inwiefern eignet** sich das erarbeitete Modell zur **Beschreibung** der **Weiterentwicklung** von Produktportfolios?

FF3.2 - **Inwiefern eignet** sich das erarbeitete **Modell** zur **Ableitung** von **Produktprofilen** bei der zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios?

FF3.3 - Welche **Potenziale** und **Herausforderungen** im Umgang mit der Systematik existieren?

Zur Beantwortung der gestellten Forschungsfragen und somit zur Erreichung der formulierten Zielsetzung wird nachfolgend in Kapitel 4 der forschungsmethodische Aufbau der Arbeit erarbeitet.

4 Forschungsmethodik

Im Rahmen des folgenden Kapitels wird die Forschungsmethodik der vorliegenden Arbeit aufgezeigt. Es werden nachfolgend die Forschungsmethodologie der Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009) (Kapitel 4.1) sowie das Forschungsdesign nach Marxen und Albers (2012) (Kapitel 4.2) als etablierte Methodologien zur Erarbeitung von entwicklungsmethodischen Unterstützungsansätzen eingeführt und zur Strukturierung der Studien in der vorliegenden Arbeit herangezogen. Im Anschluss an die Vorstellung der beiden Forschungsmethoden wird ein dem Forschungsgegenstand der vorliegenden Arbeit angepasstes Forschungsvorgehen auf Basis der beiden vorgestellten Ansätze abgeleitet (Kapitel 4.3). In Kapitel 4.4 wird ein Überblick über verwendete Forschungsmethoden aufgezeigt. Abschließend werden in Kapitel 4.5 die Forschungsumgebungen skizziert, welche in der Arbeit Anwendung finden.

4.1 DRM – Design Research Methodology

Die DRM – Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009) umfasst eine allgemeingültige Struktur für die anwendungsorientierte Methodenforschung im Bereich der Produktentwicklung. Es werden vier Stadien zur Strukturierung eines Forschungsvorhabens vorgeschlagen (Blessing & Chakrabarti, 2009):

- Die **Klärung des Forschungsgegenstands** umfasst die Analyse des aktuellen Stands der Forschung im Themenbereich und der Ableitung von Zielen für das vorliegende Forschungsvorhaben.
- Die **deskriptive Studie I (DS I)** baut auf der Klärung des Forschungsgegenstandes auf und zielt darauf ab, ein tieferes Verständnis für das Themenfeld des Forschungsgegenstandes zu erlangen.
- Innerhalb der **präskriptiven Studie (PS)** wird mithilfe der gewonnenen Wissensbasis ein Unterstützungsansatz gestaltend erarbeitet.
- Die abschließende **deskriptive Studie II (DS II)** dient der Validierung des erarbeiteten Unterstützungsansatzes. Über verschiedene Evaluationsaktivitäten werden Erkenntnisse zur Anwendbarkeit, dem Unterstützungspotenzial und dem Erfolg des Unterstützungsansatzes

generiert. Über den iterativen Charakter können diese Erkenntnisse in anderen Stadien der DRM wieder als Input dienen.

Abbildung 4.1 zeigt den Ablauf der Stadien sowie zugehörige Kernergebnisse schematisch auf.

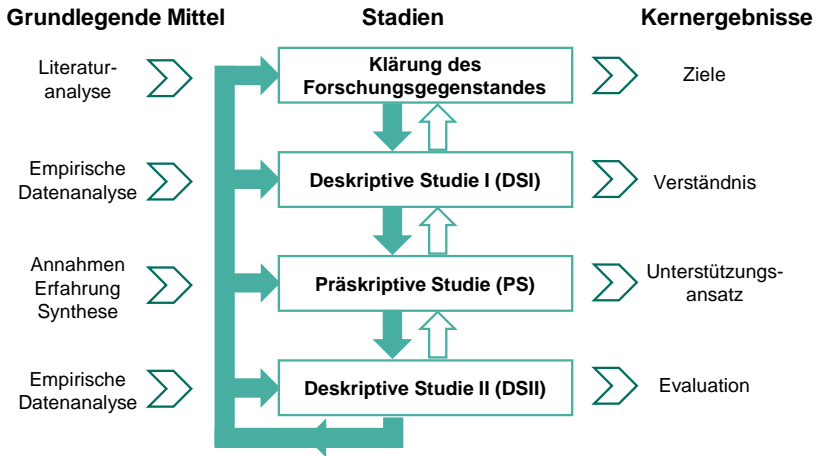


Abbildung 4.1: Die DRM – Design Research Methodology gliedert sich in vier Phasen, welche iterativ und bei Bedarf parallelisiert durchlaufen werden können. (Blessing & Chakrabarti, 2009)

Im Nachfolgenden werden die Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an Blessing und Chakrabarti (2009) in den methodischen Rahmen der DRM – Design Research Methodology eingeordnet. Die Anordnung der Forschungsfragen nach den Stadien der DRM, parallelisiert nach Beschreibungs- und Vorgehensmodell in Abbildung 4.2, stellt die Grundlage für das korrelierende Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit in Abbildung 4.4 (Kapitel 4.3) dar.

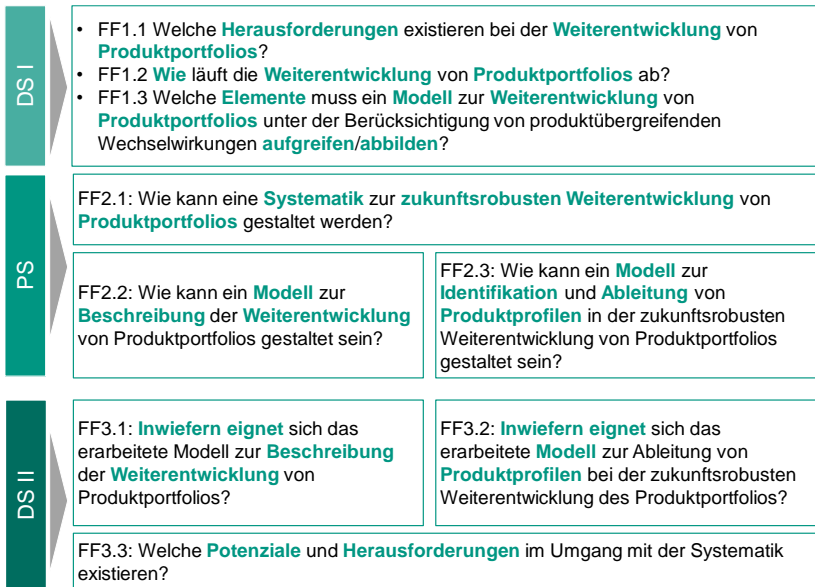


Abbildung 4.2: Zuordnung der Forschungsfragen in die übergreifenden Stadien der DRM. Im Bereich der präskriptiven Studie teilen sich die Forschungsfragen im Hinblick auf die Beschreibung sowie das Vorgehen der Weiterentwicklung auf.

Die Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen erfolgt durch iterativ aufeinander aufbauende Studien, welche erneut in fraktalem Charakter die Stadien der DRM durchlaufen. Der iterative Charakter des Studiendesigns der vorliegenden Arbeit in Kapitel 4.3 spiegelt dabei auch Elemente des Forschungsdesigns nach Marxen und Albers (2012) wieder. Das Forschungsdesign nach Marxen und Albers (2012) wird in nachfolgendem Kapitel kurz erläutert und daran anschließend das Studiendesign der vorliegenden Arbeit erstellt.

4.2 Forschungsdesign nach Marxen und Albers (2012)

Das Forschungsvorgehen nach Marxen und Albers (2012) stellt ein Framework für die Erarbeitung von entwicklungsmethodisch orientierten Unterstützungsansätzen dar. Marxen und Albers (2012) bringen die fünf Kategorien von Cantamessa (2003) in eine für die Entwicklung von methodischen Unterstützungsansätzen logische Reihenfolge. Die Abbildung 4.3 zeigt das resultierende Framework mit fünf Phasen.

Phase I - Empirische Forschung (M1): Die Initialisierung kann entweder über die Identifikation von Herausforderungen in der Entwicklungspraxis oder über das Herausarbeiten und Nachvollziehen von erfolgreichen Handlungsmustern in der Entwicklung erfolgen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird der Weg über die Identifikation von Herausforderungen mithilfe einer zweistufigen Interviewstudie gewählt.

Phase II – Unterstützungsansatz (M2): In der zweiten Phase werden je nach Initialisierung entweder auf Basis der identifizierten Herausforderungen oder auf Basis der herausgearbeiteten Handlungsmuster entsprechende methodische Unterstützungsansätze erarbeitet.

Hier fächert sich das Vorgehen im Rahmen der vorliegenden Arbeit in ein Vorgehens- und ein Beschreibungsmodell auf. Beginnend bei Stufe zwei nach Marxen und Albers (2012) werden die folgenden Phasen für unterschiedliche Studien mehrmals durchlaufen.

Phase III - Experimentelle Forschung (M3): Die experimentelle Forschung zielt darauf ab, den Ansatz in die vorindustrielle Anwendung zu bringen. Durch den noch geringen Reifegrad empfiehlt es sich, die Evaluation in laborähnlichen Umgebungen wie den Live-Labs „IP - Integrierte Produktentwicklung“ (Kapitel 4.5.1) oder „ProVIL-Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor“ (Kapitel 4.5.2) durchzuführen, da innerhalb der Live-Labs die Umgebungsbedingungen besser zu kontrollieren sind als in der Umsetzung in der Praxis.

Phase IV – Implementierungsstudien (M4): In dieser Phase wird der entwickelte Ansatz von den Laborbedingungen in die reale industrielle Umsetzung in Unternehmen überführt.

Phase V – Lehren und Transferieren (M5): In der fünften Phase wird erarbeitet, wie die entwickelten Ansätze vermittelt und gelehrt werden können. Dieser Schritt ist essentiell, um den entwickelten Unterstützungsansatz in weitere Unternehmen und Anwendungsfälle transferieren zu können.

Marxen und Albers (2012) merken an, dass ein stringentes und einmaliges Durchlaufen der fünf Phasen nur selten vorliegt. Häufiger muss zwischen den Phasen iteriert werden, was kein Ausdruck schlecht geplanter Forschung ist, sondern durch die hohe Komplexität in der Methodenforschung den üblichen Fall darstellt. Falls beispielsweise Unstimmigkeiten auftreten, muss die Gültigkeit des gewählten Experiments überprüft werden.

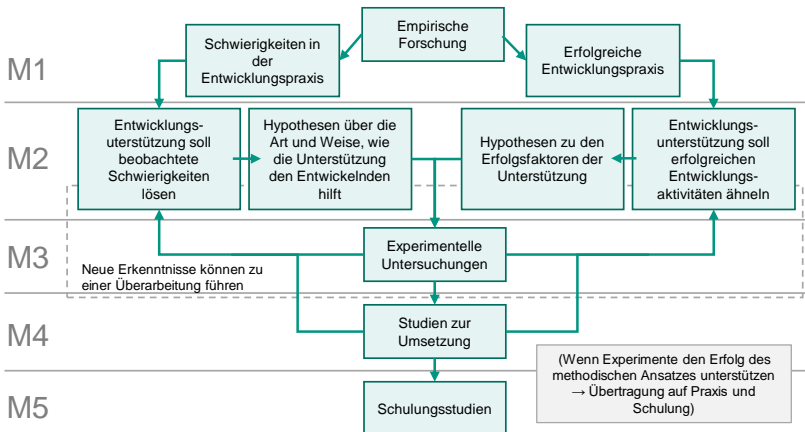


Abbildung 4.3: Forschungsmethodischer Ansatz zur Entwicklung von Unterstützungsansätzen in der Produktentwicklung nach Marxen und Albers (2012). Abbildung adaptiert nach Marxen und Albers (2012).

4.3 Adaptiertes Vorgehen im Rahmen der Arbeit

Der Forschungsaufbau im Rahmen der vorliegenden Arbeit greift Grundaspekte der Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009) auf und führt diese mit dem stark iterativen Charakter des Forschungsdesigns nach Marxen und Albers (2012) zusammen, welches spezifisch für die Erarbeitung von methodischen Ansätzen entwickelt wurde. Das Ergebnis stellt den Forschungsaufbau für die vorliegende Arbeit in Abbildung 4.4 als Kombination der beiden Ansätze dar.

Die Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios (Kapitel 5) stellt nach DRM den deskriptiven Teil I der Arbeit dar und kann nach Marxen und Albers (2012) der Analyse von Herausforderungen und erfolgreichen Ansätzen in der

Entwicklungspraxis zugeordnet werden (Abbildung 4.3 - M1). Abbildung 4.4 zeigt die vier deskriptiven Studien, welche im Rahmen der Arbeit durchgeführt werden.

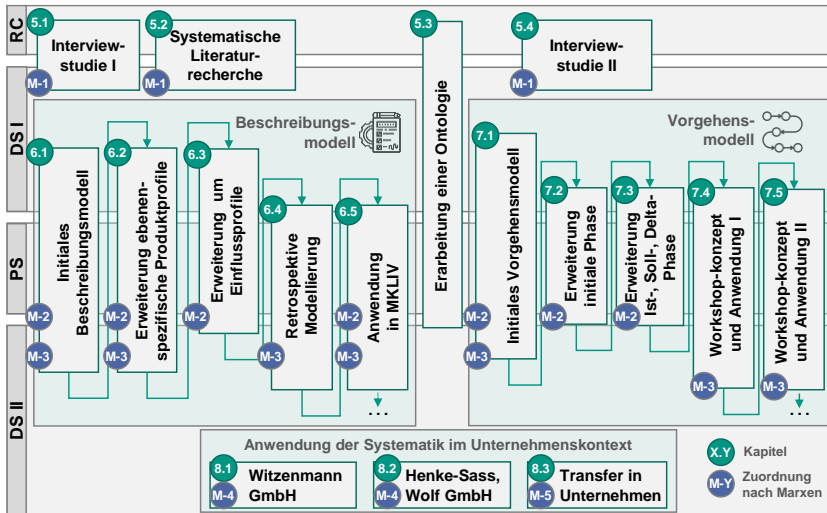


Abbildung 4.4: Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an die Stadien der Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009). Der Bezug zu den iterativen Phasen nach Marxen und Albers (2012) ist durch die Kürzel M1 – M5 für die jeweiligen Phasen vgl. Abbildung 4.3 angedeutet.

Herauszustellen ist im Forschungsaufbau der vorliegenden Arbeit die iterative Erarbeitung des Beschreibungs- und Vorgehensmodells über aufeinander aufbauende Studien, in welchen jeweils die Stadien der DRM durchlaufen werden. So umfassen die Studien zur Erarbeitung des Beschreibungs- und Vorgehensmodells neben einer erneuten und spezifischeren deskriptiven Studie I ebenfalls die präskriptive Gestaltung eines Unterstützungsansatzes (Vgl. Abbildung 4.3 - M2). Einzelne Iterationen greifen ebenfalls Anteile der deskriptiven Studie II auf, welche den experimentellen Studien in Abbildung 4.3 - M3 zugeordnet werden können.

Abschließend umfasst das adaptierte Forschungsdesign der Arbeit in Abbildung 4.4 im Bereich der deskriptiven Studie II zwei Implementierungsstudien, welche bei der Witzenmann GmbH sowie der Henke, Sass-Wolf GmbH durchgeführt werden (Vgl. Abbildung 4.3 - M4). Dem DRM-Aufbau angeschlossen findet in Anlehnung an

Marxen und Albers (2012) (Abbildung 4.3 - M5) die Entwicklung eines Transferansatzes zur Überführung der entwickelten Systematik in die Unternehmenspraxis statt. Die Systematik wird abschließend mithilfe des Transferansatzes in zwei weitere Unternehmen transferiert. Übergreifend wird die Arbeit nach der DRM als Typ 5 eingeordnet.

4.4 Überblick über die verwendeten Forschungsmethoden in der Struktur der Arbeit

Die Struktur der Arbeit gliedert sich entlang des iterativen Forschungsdesigns. Zur Erreichung der Zielsetzung dieser Arbeit finden sich in den verschiedenen Stadien unterschiedliche Forschungsmethoden (vgl. Abbildung 4.5).

| | | | | |
|-------|---|----------------------------------|--|-----------------------|
| RC | 5. Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios | | | |
| | Interviewstudien | Systematische Literaturrecherche | | Data Mining |
| DS I | 6. Erarbeitung eines Beschreibungsmodells zur Weiterentwicklung von Produktportfolios | | 7. Entwicklung eines Vorgehensmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios | |
| | Expertenbefragung | Literaturrecherche | Literaturrecherche | Expertenbefragung |
| PS | Entwicklung eines Beschreibungsmodells | | Entwicklung eines Vorgehensmodells | |
| | Expertenworkshops | Live-Lab Studien (ProVIL) | Expertenworkshops | Live-Lab Studien (IP) |
| DS II | 8. Anwendung der Systematik im Unternehmenskontext | | | |
| | Fallstudie | Expertenworkshops | Feldstudien | Transferansatz |

Abbildung 4.5: Überblick der in den Stadien der Arbeit verwendeten Forschungsmethoden.

In Kapitel 5 wird mit vier aufeinander aufbauenden Aktivitäten das grundlegende Verständnis für die Weiterentwicklung von Produktportfolios erarbeitet, um darauf folgend eine Unterstützung zu erarbeiten. Diese Unterstützung in Form einer übergreifenden Systematik wird bestehend aus einem Beschreibungsmodell in Kapitel 6 und einem Vorgehensmodell in Kapitel 7 iterativ entwickelt. Kapitel 8 umfasst die Studien mit Schwerpunkt auf der deskriptiven Studie II. Eine Hilfestellung zur Auswahl der Forschungsmethoden zu den jeweiligen Forschungsfragen nach Ergebnisgüte und erforderlichem Aufwand bieten eine

Fragen-Methode-Matrix nach Blessing und Chakrabarti (2009) sowie das Forschungsframework zur Methodenentwicklung nach Marxen und Albers (2012). Abbildung 4.5 zeigt als Übersicht die jeweils verwendeten Forschungsmethoden innerhalb der einzelnen Stadien. Eine detaillierte Vorstellung der einzelnen Forschungsmethoden findet sich in den jeweiligen Kapiteln der Arbeit. Eine Beschreibung der jeweiligen Forschungsumgebung erfolgt im folgenden Kapitel.

4.5 Forschungsumgebung

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen einer Assistenzpromotion am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entstanden. Die Ergebnisse und Inhalte dieser Arbeit wurden durch Literaturarbeit, Projektarbeiten, Forschungsgespräche, Co-betreute Abschlussarbeiten sowie in Zusammenarbeit mit Unternehmenspartnern erarbeitet. Die Durchführung der verschiedenen Studien und der Einsatz der unterschiedlichen entwickelten Ansätze erfolgte in verschiedenen Forschungsumgebungen. Beispielsweise diente das DFG-Projekt „Zukunftsrobuste Produktentwicklung: Systematische Erweiterung des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung durch Adaption von Methoden der strategischen Produktplanung“ als ein zentraler Rahmen zum wissenschaftlichen Austausch und zur gemeinsamen Forschung. Die experimentelle Validierung in der iterativen Entwicklung einzelner Ansätze erfolgte mitunter in den Live-Labs, IP und ProVIL, am KIT. Unter einem Live-Lab wird Folgendes verstanden:

„Ein Live-Lab im Kontext der Produktentwicklung ist eine Untersuchungsumgebung, die es ermöglicht, Methoden und Prozesse der Produktentwicklung in einem möglichst realen Entwicklungsprozess zu erforschen und gleichzeitig die Randbedingungen in hohem Maße gestalten zu können. Ziel hierbei ist es, Entwicklungsmethoden, Prozesselemente, Werkzeuge und Arbeitsweisen weiterzuentwickeln und zu evaluieren, um diese mehrwertstiftend der Praxis in Industrieunternehmen bereitstellen zu können.“ (Walter et al., 2016, S. 287)

Im Nachgang werden das Live-Lab „IP- integrierte Produktentwicklung“ sowie „ProVIL – Produktentstehung im virtuellen Ideenlabor“ sowie die Lehrveranstaltung „MKL-IV – Maschinenkonstruktionslehre IV“ und das DFG-Projekt „Zukunftsrobuste Produktentwicklung“ als Forschungsumgebungen der vorliegenden Arbeit vorgestellt. Weitere Zusammenarbeit mit Partnern aus Unternehmen ist in den jeweiligen Kapiteln der Studien, insbesondere Kapitel 8, vermerkt.

4.5.1 IP- integrierte Produktentwicklung

Innerhalb des Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung durchlaufen bis zu 42 Studierende unterteilt in bis zu sieben Teams innerhalb von vier Monaten im Wintersemester eines jeden Jahres einen Produktentwicklungsprozess von der Analysephase bis zur Fertigung erster Prototypen. Gemeinsam mit einem Unternehmenspartner wird eine realkomplexe Entwicklungsaufgabe gestellt. Der Produktentwicklungsprozess wird von Mitarbeitenden des IPEK sowie des Partnerunternehmens begleitet. Ein Ablauf des IP- Prozesses ist in Abbildung 4.6 zu sehen. (Walter et al., 2016)

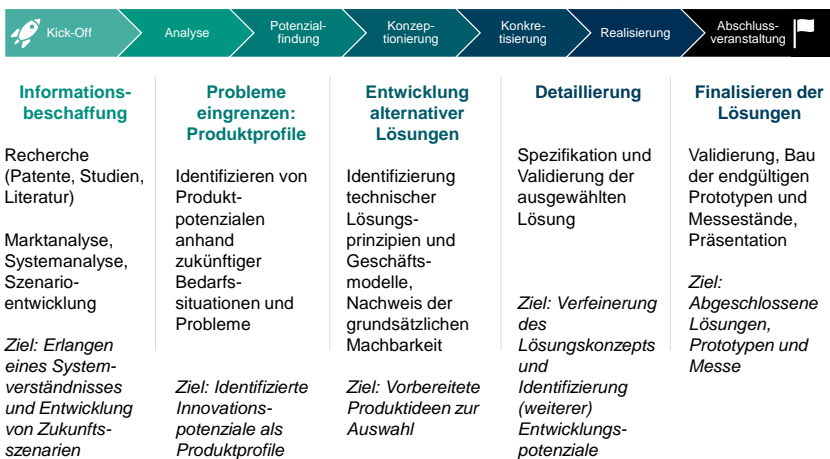


Abbildung 4.6: Ablauf des Live-Labs IP – integrierte Produktentwicklung. Abbildung übersetzt nach Albers (2025).

4.5.2 ProVIL - Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor

ProVIL als Live-Lab wird ebenfalls gemeinsam mit einem Unternehmenspartner durchgeführt. Der Ablauf lehnt sich an die ersten vier Phasen des IP-Prozesses an. Im Unterschied zu IP findet ProVIL im virtuellen Raum statt und fällt im Bearbeitungsumfang der Entwicklungsaufgabe kleiner aus. (Albers, Bursac, Walter, Hahn & Schröder, 2016)

4.5.3 MKL-IV – Maschinenkonstruktionslehre IV

Die Lehrveranstaltung MKL-IV – Maschinenkonstruktionslehre IV stellt eine Pflichtveranstaltung für den Bachelorstudiengang Maschinenbau am KIT – Karlsruher Institut für Technologie dar. Die Lehrveranstaltung setzt sich aus Vorlesung, Übung und einem Workshop zusammen und ist im vierten Fachsemester vorgesehen. Als Forschungsumgebung dient der Workshop der Lehrveranstaltung, in welchem aufbauend auf einem Referenzsystem nach dem Modell der SGE eine neue, modularisierte Antriebsstranggeneration entwickelt werden soll, um mehrere Produktvarianten eines Traktors zu ermöglichen.

4.5.4 DFG Projekt - Zukunftsrobuste Produktentwicklung

Eine zentrale Forschungsumgebung stellt das von der DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft geförderte Projekt „Zukunftsrobuste Produktentwicklung: Systematische Erweiterung des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung durch Adaption von Methoden der strategischen Produktplanung" (Projektnummer 437943992, Kurzname „ZuPro“) dar. Im Projekt ZuPro erforschen zwei Forschungseinrichtungen, das Heinz-Nixdorf-Institut an der Universität Paderborn sowie das IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT - Karlsruher Institut für Technologie, die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produkten. Der Austausch über die Forschungseinrichtungen hinweg sowie die kombinierten Netzwerke der beiden Einrichtungen formen ein Rahmenwerk, welches insbesondere in den in Kapitel 5 vorgestellten deskriptiven Studien eine essenzielle Grundlage bildet. Ein Antrag für ein Nachfolgeprojekt wurde ebenfalls bewilligt (Kapitel 9.2.6).

5 Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios

Ziel des vorliegenden Kapitels ist es, im Sinne der DRM – Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009) aufbauend auf dem aktuellen Stand der Forschung in Kapitel 2 die Zusammenhänge bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios zu verstehen, um nachfolgend eine Unterstützungsmöglichkeit im Rahmen der präskriptiven Studie erarbeiten zu können. Das vorliegende Kapitel trägt damit zur Beantwortung der Forschungsfragen FF1.1 und FF1.2 bei. Konkrete Ziele und Anforderungen zum Beschreibungs- und Vorgehensmodell werden darauf aufbauend in den jeweiligen Kapiteln 6 und 7 erarbeitet. Im ersten Schritt wird eine Interviewstudie zu grundlegenden Phänomenen und Vorgehen sowie Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Praxis durchgeführt (Kapitel 5.1). Aufbauend darauf wird mittels einer systematischen Literaturrecherche (Kapitel 5.2) die Literaturperspektive des Forschungsgegenstands betrachtet. Daraufhin wird eine Ontologie erarbeitet, welche eine Grundlage für eine gemeinsame Sprachbasis in der Weiterentwicklung von Produktportfolios darstellt (Kapitel 5.3). Abschließend wird in einer zweiten Interviewstudie (Kapitel 5.4), unter Bezugnahme der Literatur, eine tiefere Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Praxis vorgenommen. Eine Übersicht über die Studien findet sich in Abbildung 5.1.



Abbildung 5.1: Übersicht über die Teilkapitel innerhalb der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios (Kapitel 5).

5.1 Interviewstudie I – Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios, grundlegende Vorgehensweise und aktuelle Herausforderungen

Wie der Forschungsbedarf in Kapitel 3 aufzeigt, besteht ein Bedarf, neue Ansätze zu erarbeiten, um die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios zu unterstützen. Dazu wird in vorliegendem Kapitel die Hypothese untersucht, dass Unternehmen aktuell Herausforderungen in der Beschreibung sowie der Weiterentwicklung ihres Produktportfolios haben. Um die gestellte Hypothese zu verwerfen oder zu bestätigen, wird mithilfe einer Interviewstudie analysiert, wie Produktportfolios aktuell in der Praxis weiterentwickelt werden. Nachfolgend werden die Durchführung und die Ergebnisse einer Interviewstudie mit Expertinnen und Experten aus dem Produktmanagement verschiedener Unternehmen dargestellt. Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz sowie in einer Fachzeitschrift unter maßgeblicher Beteiligung des Autors dieser Arbeit veröffentlicht (Meyer et al., 2021; Meyer et al., 2025).

Ziel der Interviewstudie ist es, die grundlegende Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Praxis zu verstehen und aktuelle Handlungsbedarfe zur Unterstützung der Unternehmen abzuleiten. Dabei steht die Beantwortung von zwei Leitfragen (LF) im Vordergrund:

LF1 – Wie entwickeln Unternehmen aktuell ihr Produktportfolio weiter?

LF2 – Welche Handlungsbedarfe ergeben sich für Modelle in der zukunftsrobusten Gestaltung von Produktportfolios?

Festzuhalten ist, dass die Erhebung den aktuellen Stand der Praxis wiedergibt und in Sprachgebrauch und methodischem Ablauf nicht als zu verfolgendes Ideal zu verstehen ist. Um Modelle und Methoden zu entwickeln, welche in der Praxis anwendbar sein sollen, muss die Praxis im ersten Schritt analysiert werden.

5.1.1 Methodisches Vorgehen

Die Untersuchung der grundlegenden Weiterentwicklung von Produktportfolios und die Beantwortung der beiden gestellten Leitfragen werden durch eine explorative semi-strukturierte Experteninterviewstudie durchgeführt. Das Vorgehen der Studie ist in sechs Schritte unterteilt, wie in Abbildung 5.2 dargestellt ist. Das Vorgehen ist in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring gestaltet (Mayring & Fenzl, 2019).

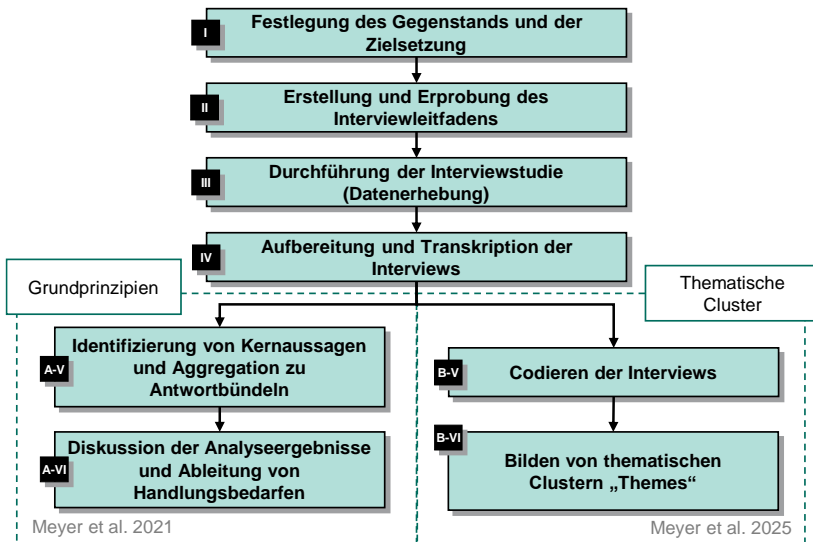


Abbildung 5.2: Vorgehen zur Interviewstudie I – Ermitteln von grundlegenden Vorgehensweisen und Herausforderungen (Meyer et al., 2021; Meyer et al., 2025). Darstellung als Kondensat aus Meyer et al. (2021) und Meyer et al. (2025).

I - Festlegung des Gegenstands und der Zielsetzung

Im ersten Schritt wurde das Ziel der Studie festgelegt, welches die Ergründung der Weiterentwicklung in der Praxis darstellt. Folglich wurde ein qualitatives Vorgehen anhand von semi-strukturierten Experteninterviews gewählt.

II - Erstellung und Erprobung des Interviewleitfadens

Die Erstellung des Leitfadens wurde in mehreren Iterationen in Anlehnung an Saunders, Lewis und Thornhill (2019) konzipiert. Dabei umfasst der Leitfaden fünf Fragegruppen: (1) Einleitung und Vorstellung, (2) Aufbau und Gestaltung des Produktportfolios, (3) Weiterentwicklung des Produktportfolios, (4) Ebenen und Aufgaben der Weiterentwicklung und (5) Entwicklung von Generationen. Der erstellte Leitfaden sorgt für eine einheitliche Struktur der Interviews und ermöglicht einen vergleichbaren Gesprächsablauf über die verschiedenen Interviews hinweg. Der vollständige Leitfaden findet sich in Anhang B. (Gläser & Laudel, 2010; Saunders et al., 2019)

III - Durchführung der Interviewstudie (Datenerhebung)

Die Datenerhebung erfolgte innerhalb von sieben standortverteilten Interviews im Zeitraum von Mai bis Juli 2021. Die Interviews wurden von jeweils zwei Interviewenden mit einer Dauer zwischen 45 und 60 min geführt. Die Interviews wurden im Einvernehmen aufgezeichnet und anschließend vollständig transkribiert. Die Hintergrundinformationen zu den Expertinnen und Experten in der Interviewstudie I sind Tabelle 5.1 anonymisiert zu entnehmen.

Tabelle 5.1: Anonymisierte Hintergrundinformationen zu den Expertinnen und Experten in Interviewstudie I (Meyer et al., 2021)

| Nr | Position des Interview-partners | Unternehmen | Mit-arbeite nde | Produkti ons-menge | Branche |
|----|---|--|-----------------|--------------------|----------------------|
| 1 | Senior Manager Innovation | Automobil-zulieferer für Interieur und Design | > 100.000 | Großserie | Auto-motive |
| 2 | Innovation Management Consultant (ehemals CTO) | Industriekonzern mit Schwerpunkt in der Stahl-verarbeitung | > 10.000 | Einzel-fertigung | Maschi-nenbau |
| 3 | Senior Vice President Engineering System | Gesundheits-konzern und Anbieter von Dialysesystemen | > 100.000 | Serien-fertigung | Medizin-technik |
| 4 | Senior Vice President R&D Powertrain and E-Mobility | Automobil-zulieferer für Motoren, Getriebe und Fahrwerk | > 50.000 | Großserie | Auto-motive |
| 5 | Global Head of Manufacturing Electric Powertrain | Automobil-zulieferer für Elektroantriebe | > 50.000 | Großserie | Auto-motive |
| 6 | Head of R&D Inter-connection und Head of BU Interconnection | Hersteller von Komponenten für elektrische Verbindungs-technik | < 10.000 | Großserie | Verbin-dungs-technik |
| 7 | Leiter Produkt-management | Hersteller von Werkzeug-maschinen & Industrielasern | > 10.000 | Serien-fertigung | Maschi-nenbau |

IV – Datenanalyse - Aufbereitung und Transkription der Interviews

Die Interviews wurden im Anschluss an die Transkription in zwei Stufen ausgewertet. In einer ersten grundlegenden Auswertung (A) wurde excelbasiert in Anlehnung an Mayring (2015) eine Zuordnung relevanter Textpassagen mit dem Ziel vorgenommen, die grundlegende Weiterentwicklung von Produktportfolios zu verstehen. Das Vorgehen ist in folgenden Unterkapiteln A-V und A-VI beschrieben. (Meyer et al., 2021)

In einer zweiten Auswertungsstufe (B) wurden die gleichen sieben Interviews aus Tabelle 5.1 in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) von vier verschiedenen Personen unabhängig codiert und ausgewertet. Das entsprechende Vorgehen ist in Unterkapiteln B-V und B-VI beschrieben. (Meyer et al., 2025)

A-V – Identifizierung von Kernaussagen und Aggregation zu Antwortbündeln in Anlehnung an Mayring

Im Rahmen der ersten Auswertung (A) wurden die Kernaussagen aus den transkribierten Interviews identifiziert und anschließend zu konsistenten Antwortbündeln aggregiert. Die gebündelten Kernaussagen wurden diskutiert und in graphischen Darstellungen visualisiert.

A-VI – Diskussion der Analyseergebnisse und Ableitung von Handlungsbedarfen

Auf den gebündelten Kernaussagen aufbauend wurden unter Berücksichtigung des Stands der Forschung Handlungsbedarfe für eine erfolgreiche zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios abgeleitet.

Die Ergebnisse der ersten Auswertung (A) sind nachfolgend in Kapitel 5.1.2 beschrieben.

B-V – Codieren der Interviews mit MAXQDA

Auf Basis des Interviewleitfadens wurde ein erstes deduktives Codesystem entwickelt. Unter Verwendung des deduktiven Codesystems wurden die sieben Interviews von den vier Codierern analysiert. Dabei wurden durch jeden Codierer mindestens drei Interviews codiert, sodass jedes der Interviews durch zwei unterschiedliche Personen analysiert wurde. Im Anschluss an die Codierung wurde das Ausmaß, in dem zwei oder mehr Codierer übereinstimmen (Inter-Coder-Reliabilität), ermittelt. Die Inter-Coder-Reliabilität beschreibt die Konsistenz bei der Umsetzung des Codesystems durch mehrere Personen (Lange, 2011). Der zu überschreitende Wert wurde mit 0,8 festgelegt. Im Falle einer Inter-Coder-Reliabilität von unter 0,8 wurden die Textpassagen unter den Codierern diskutiert

und neu codiert. Die erste deduktive Codierung ergibt eine Sammlung relevanter Textpassagen. Um eine tiefergehende Auswertung zu ermöglichen, wurden die deduktiven Codes nochmals über einen induktiven Ansatz strukturiert. (Saunders et al., 2019).

B-VI – Thematische Analyse nach Braun and Clarke

Im Anschluss an die Erstellung der induktiven in-vivo-Codes wurde eine thematische Analyse in Anlehnung an Braun und Clarke (2006) durchgeführt. Ziel war es, Muster in Daten zu identifizieren. Die in-vivo-Codes wurden dazu thematisch geclustert und potenzielle „Themen“ nach Braun und Clarke (2006) herausgearbeitet.

Die Ergebnisse der zweiten Auswertung (B) sind nachfolgend in Kapitel 5.1.3 beschrieben.

5.1.2 Ergebnisse der Studie – Auswertung (A)

Die Ergebnisse der ersten Auswertung zeigen die grundsätzliche Strukturierung des Produktportfolios, die Weiterentwicklung des Produktportfolios auf verschiedenen Ebenen über den zeitlichen Verlauf, die Aufgabenschwerpunkte auf den einzelnen Ebenen, die Entwicklung in Generationen sowie deren Unschärfe in der Leistungsdefinition.

5.1.2.1 Strukturierung des Produktportfolios

Wie sich aus den Interviews ableiten lässt, strukturieren die Unternehmen ihre Produktportfolios im Regelfall über die in Abbildung 5.3 gezeigten Ebenen. Die Bezeichnung der einzelnen Ebenen und der darin enthaltenen Elemente ist teilweise unternehmensspezifisch abweichend, lässt sich jedoch auf die Produktlinien-, Familien-, Varianten- und Systemebene zurückführen, welche nachfolgend kurz erläutert werden (vgl. Kapitel 2.4.3.).

Produktlinien – Die Produktlinie stellt die oberste Ebene des Produktportfolios dar und orientiert sich am Anwendungsfeld der Produkte. Beispielsweise stellen medizinische Therapiesysteme eine Produktlinie dar.

Produktfamilien – Die Produktfamilie unterteilt die Produktlinie in verschiedene Gruppen, welche zueinander ähnliche Produkte zusammenfassen. Dem Beispiel folgend, sind hier exemplarisch die Dialysesysteme eine eigene Produktfamilie.

Produktvarianten – Die Produktvarianten stellen die am Markt wahrgenommenen „Produkte“ dar. Die verschiedenen Produktvarianten einer Familie haben große Ähnlichkeit zueinander, unterscheiden sich jedoch in mindestens einer Eigenschaft

voneinander. Hier finden sich exemplarisch die einzelnen Varianten der Dialysemaschine wieder.

Subsysteme - Eine Produktvariante gliedert sich in mehrere Subsysteme auf, in welchen die Variante realisiert ist. Die Begriffe „Komponente“ oder „Bauteil“ wurden im Rahmen der Interviews vorwiegend verwendet. Allerdings wird insbesondere der Begriff „Komponente“ von verschiedenen Unternehmen unterschiedlich verwendet. Stellenweise besteht eine Komponente aus Sicht eines Zulieferers wiederum aus verschiedenen Komponenten. Es herrscht kein einheitliches Verständnis von „Komponenten“ über Unternehmen hinweg. Daher wird vorgeschlagen, von der Begriffsverwendung „Komponente“ in der Praxis abweichend einheitlich von Subsystemen zu sprechen. Subsysteme sind dabei häufig nicht exklusiv einer einzelnen Produktvariante zugeordnet. Beispielsweise kann ein Schlauchsystem als Subsystem in mehreren Produktvarianten der Dialysemaschinen Verwendung finden. Durch das Hinzufügen einzelner Subsysteme können zusätzliche Funktionen in Produktvarianten zur Differenzierung der Produktvarianten realisiert werden, wie beispielsweise eine Sensorik zur frühzeitigen Erkennung von Nadelverlagerungen.

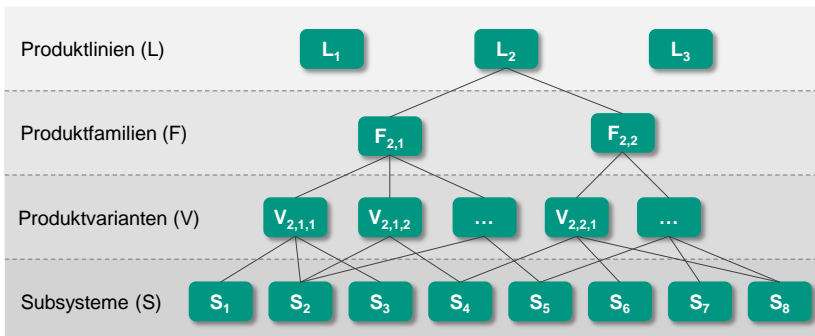


Abbildung 5.3: Strukturierung eines Produktportfolios auf Basis der Praxisicht auf Grundlage der Interviewstudie I. Angepasste Darstellung nach Meyer et al. (2021).

5.1.2.2 Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die entstehende Struktur des Produktportfolios bleibt nicht statisch bestehen, sondern entwickelt sich wie in Abbildung 5.4 angedeutet über die Zeit fort. Auf den höheren Ebenen des Produktportfolios laufen die Entwicklungen langfristiger, seltener und häufig langsamer ab. Je tiefer die Ebene, desto näher kommt die Entwicklung

an die konkrete Produktgestalt. Die sich erhöhende Konkretisierung des Produktes in Richtung der unteren Ebenen hat zur Folge, dass der Gestaltungsraum des Produktes und die Beeinflussbarkeit des Produktprofils auf den höheren Ebenen größer sind. So werden bereits auf Linienebene die grundlegende Ausrichtung des Produktes (bspw. ob Powertool oder Kraftfahrzeug) und einhergehende Potenziale festgelegt. Das Produktprofil als lösungsoffenes Beschreibungselement kann damit auf den höheren Ebenen des Produktportfolios stärker beeinflusst werden als auf den tiefen Ebenen (vgl. Abbildung 5.4).

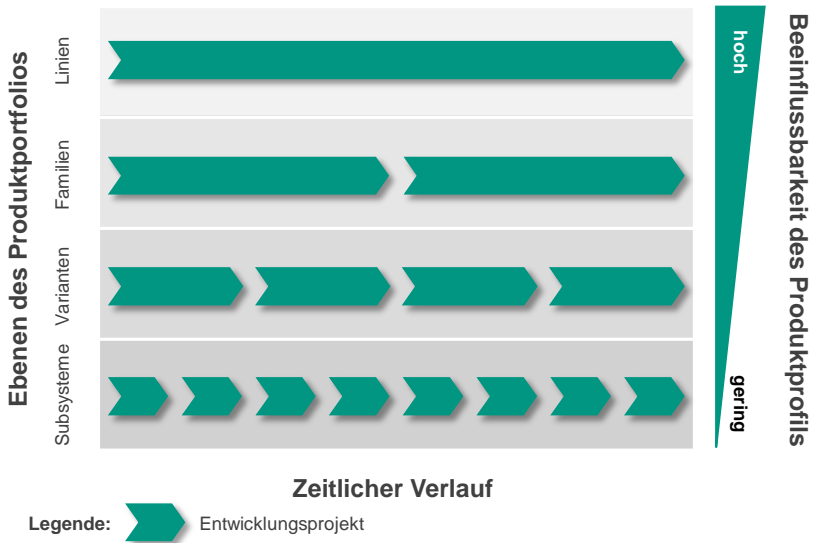


Abbildung 5.4: Zeitliche Weiterentwicklung des Produktportfolios über die verschiedenen Ebenen erzeugt auf tieferen Ebenen häufiger neue Elemente. Abbildung adaptiert nach Meyer et al. (2021).

5.1.2.3 Aufgabenschwerpunkte bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios

Neben der unterschiedlichen Dauer der Entwicklungsprozesse auf den Ebenen sind auch die Aufgaben auf den verschiedenen Ebenen des Produktportfolios unterschiedlich. Abbildung 5.5 zeigt in Anlehnung an Gausemeier et al. (2019) die verschiedenen Aufgabenschwerpunkte in Abhängigkeit von der jeweiligen Ebene im Produktportfolio.

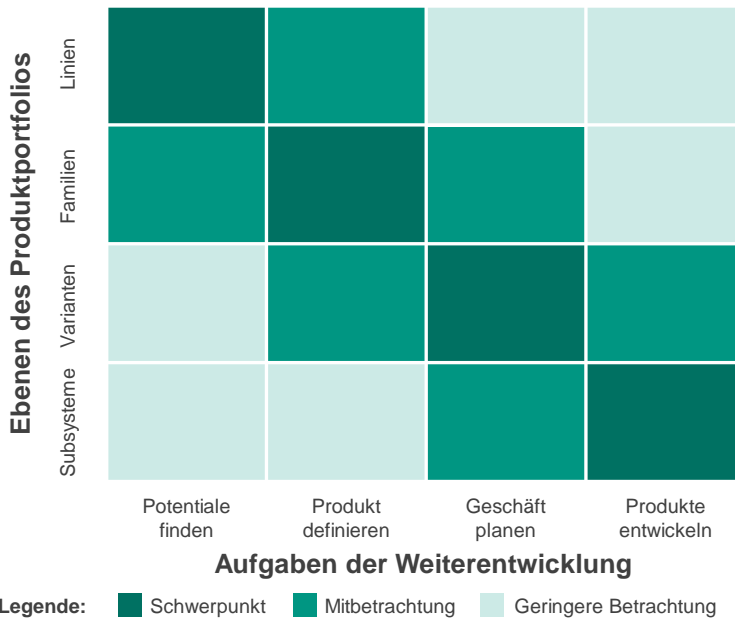


Abbildung 5.5: Die Interviewstudie I zeigt Aufgabenschwerpunkte bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios in Abhängigkeit von der Ebene des Produktportfolios. Abbildung adaptiert nach Meyer et al. (2021).

Der Regelablauf einer Entwicklung beginnt laut den Interviewpartnern bei den höheren Ebenen, wird strategisch motiviert und setzt sich fortan über die darunterliegenden Ebenen fort. Auf den höheren Ebenen liegen damit die eher lösungsoffenen Aufgaben wie beispielsweise „Potenziale finden“, wohingegen auf der untersten Ebene die konkrete Entwicklung der Gestalt des Produktes steht.

Auf der **Produktlinienebene** werden vor allem übergreifende Potenziale zur Weiterentwicklung identifiziert sowie die grundlegende Ausrichtung nach dem Anwendungsfeld festgelegt. Ausgehend von einer strategischen Richtung wird die Richtung der Weiterentwicklung gesetzt.

Auf der **Produktfamilienebene** werden die Potenziale aus dem Anwendungsfeld (Produktlinie) weiter spezifiziert und erste Ansätze in Form von Ideen zur Erschließung der Potenziale aufgebaut. Ein konkretes Produkt und die Differenzierung verschiedener Varianten werden häufig erst im Anschluss an die eigentliche Ideenfindung für die prinzipiellen Lösungskonzepte ausgebildet.

Auf der **Ebene der Produktvarianten** wird die Geschäftsplanung ausgeführt. Erste Ansätze der Geschäftsplanung werden bereits auf der Familienebene vorgedacht, jedoch erst mit Ausgestaltung der einzelnen Varianten innerhalb einer Familie schwerpunktmäßig ausgeführt.

Auf Ebene der **Subsysteme** wird die konkrete Entwicklung und Ausgestaltung des Produktes durchgeführt. Auf dieser Ebene werden die heruntergebrochenen Anforderungen an das Produkt in eine Gestalt überführt, wie beispielsweise durch das Erstellen der Konstruktion in CAD-Systemen. Ebenfalls werden beispielsweise entdeckte Fehlerursachen im Funktionsverhalten durch erste Erprobungen auf dieser Ebene behoben.

5.1.2.4 Entwicklung in Produktgenerationen

Neue Produktgenerationen differenzieren sich laut der Interviewstudie insbesondere durch eine höhere Leistungsfähigkeit im Vergleich zur vorherigen Produktgeneration. Mit steigendem zeitlichen Abstand zur tatsächlichen Realisierung der Produktgeneration steigt auch die Unsicherheit in der zu erwartenden Leistungsfähigkeit des Produktes, wie in Abbildung 5.6 gezeigt.

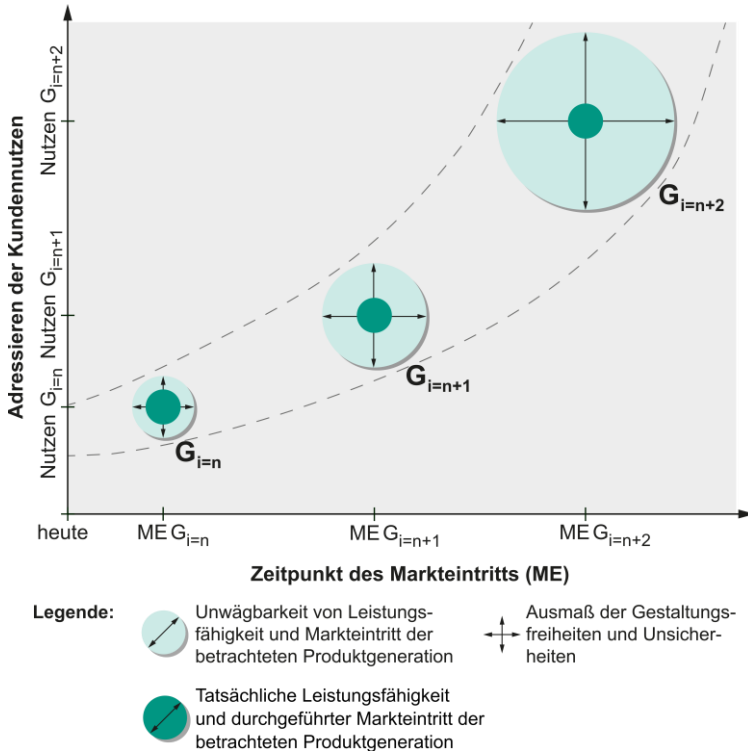


Abbildung 5.6: Die Ungewissheit in der tatsächlichen Leistungsfähigkeit von zukünftigen Produkten nimmt mit der Distanz zum Markteintritt zu. Abbildung adaptiert nach Meyer et al. (2021).

Dies wird dadurch bedingt, dass sich mit größerem Entwicklungshorizont der Lösungsraum weiter vergrößert und mit mehr Planungs- und Entwicklungszeit umfassendere Anpassungen möglich sind. Inwiefern die geplanten Anpassungen die gewünschte Leistungsfähigkeit erbringen, bleibt dabei zunächst unklar.

5.1.3 Ergebnisse der Studie – Auswertung (B)

Im Anschluss an die Codierung der Daten wurden diese in vier Themen unterteilt: (1) Auslöser für die Weiterentwicklung des Produktportfolios, (2) Prozess der Weiterentwicklung des Produktportfolios, (3) Entwicklung auf den Ebenen des Produktportfolios und (4) Management von Herausforderungen bei der Entwicklung des Produktportfolios. Die Themen werden im Anschluss vorgestellt.

5.1.3.1 Thema 1: Auslöser für die Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die Interviewstudie zeigt, dass die Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Regel nicht von selbst begonnen wird. Die Weiterentwicklung wird erforderlich als Reaktion auf Veränderungen im globalen und lokalen Umfeld eines Unternehmens.

Die verschiedenen Auslöser aus der Interviewstudie lassen sich nach dem Wirkungsbereich auf das Produktportfolio in sechs umfassende und sieben begrenzt wirkende Kräfte unterteilen. Umfassende Kräfte betreffen das gesamte Portfolio und erfordern eine weitreichende Weiterentwicklung, wohingegen begrenzt wirkende Kräfte nur auf einzelne, spezifische Elemente aus dem Produktportfolio wirken, wie bspw. Kundenanfragen.

Tabelle 5.2: Umfassend und begrenzt wirkende Kräfte auf das Produktportfolio (vgl. Meyer et al., 2021; vgl. Meyer et al., 2025)

| Umfassende Kräfte | Begrenzt wirkende Kräfte |
|--|--|
| Megatrends wie die Digitalisierung oder Nachhaltigkeit | Konkrete Kundenrückmeldungen |
| Kundenanforderungen | Ideenworkshops mit Kunden |
| Verfügbarkeit neuer Technologien | Ausschreibungen |
| Branchen- und Marktveränderungen | Gespräche auf Messen |
| Wettbewerbsdruck | Rückmeldungen aus dem Betrieb der Produkte |
| Gesetzliche Anforderungen | Ergebnisse aus Forschungsprojekten |
| | Zeit im Markt |

Im Rahmen der strategischen Weiterentwicklung werden insbesondere die umfassend wirkenden Kräfte aufgegriffen. Die strategische Weiterentwicklung geschieht

zumeist von den oberen Ebenen im Produktportfolio ausgehend nach unten (Top-Down).

„[...] die großen Dinge werden [...] auf Linienebene gemacht. Weil da [...] die größte gemeinsame Synergie wieder herrscht.“ (Interviewpartner 3)

„Also [...] unsere strategische Planung, die richten wir ganz klar von Top-Down erstmal aus, sie bringt aber nur etwas, wenn wir sie runtergebrochen kriegen.“ (Interviewpartner 1)

Die Rückmeldung von Kunden und Anwendenden erfolgt zumeist auf das spezifisch gekaufte bzw. genutzte Produkt und wirkt daher zunächst auf der Produktvarianten- und Subsystemebene des Produktportfolios. Je nach Vernetzung der Variante und des Subsystems kann dieser Einfluss über Ebenen hinweg propagieren.

„Wenn man komplett neue Verfahrensfelder erschließt, dann ist das eine Top-Down-Geschichte, auf den etablierten Systemen, eine Bottom-Up. Weil man da natürlich auf der Optimierung und auf der [...] Problematik läuft.“ (Interviewpartner 3)

Die Interviewpartner betonten, dass die Weiterentwicklung im Unternehmen im Regelfall über eine Kombination der beiden Ansätze (Top-Down und Bottom-Up) abläuft. Insbesondere spielen immer mehrere Auslöser eine Rolle, sodass man sich nicht nur auf einzelne Ansätze verlassen könne.

5.1.3.2 Thema 2: Prozess der Weiterentwicklung des Produktportfolios

In Anlehnung an die erste Auswertung (A) ergibt sich auch bei der Bildung der Themen die Zuordnung von Aufgaben zu einzelnen Ebenen in der Praxis. Die Zuordnung ist nicht binär, sondern stellt lediglich einen Aktivitätsschwerpunkt auf der jeweiligen Ebene dar. In Erweiterung zu Abbildung 5.5 aus Auswertung (A) werden hier Statements der Interviewpartner aufgegriffen. Entsprechend der eher strategisch orientierten Auslöser für die Weiterentwicklung auf den höheren Produktportfolioebenen liegt auch die Suche nach neuen Potenzialen auf den höheren Produktportfolioebenen, wie der Produktlinie, welche dann nachgestellte konkrete Umsetzungen in Produkten auf tieferen Ebenen erforderlich machen.

Dabei läuft die Erschließung identifizierter Potenziale laut den Interviewpartnern primär auf der Ebene der Produktlinien und -familien. Die strategische Erschließung von Potenzialen geschieht selten anhand einzelner Komponenten. Interviewpartner 4 beschreibt den Weg vom identifizierten Potenzial über das System zu den konkreten Produkten wie folgt:

*„Müssen wir da was anbieten wie wir die [Performance] [...] erhöhen können [?] das läuft dann auf der Systemebene was brauche ich da, an Architekturen, [...] und dann [im] zweiten Step gehen wir hin [...] zu [...] welche Komponenten könnten für uns interessant sein“
(Interviewpartner 4)*

Die Produktfamilien einer Produktlinie sind laut Interviewpartner 6 eng verbunden. Unternehmen stimmen die Weiterentwicklung der Produktfamilien intensiv aufeinander ab, um Anwendungsfelder ganzheitlich zu erschließen.

Die Geschäftsplanung hat ihren Schwerpunkt auf der Familienebene. Auf der Produktlinienebene werden grundlegende strategische Rahmenbedingungen geklärt, etwa ob ein Markt grundsätzlich interessant ist. Ist dies der Fall, wird für die in der Produktlinie enthaltenen Familien die Geschäftsplanung angestoßen. Bspw. gibt Interviewpartner 6 an, für alle erforderlichen Varianten einer Produktfamilie gemeinsam die Geschäftsmodelle zu entwickeln:

„Aber es sind immer ganzheitliche Business-Cases [...] also zum Beispiel diese 32 Varianten, die ich erwähnt habe, mal als Beispiel, ist ein Business Case.“ (Interviewpartner 6)

Konkrete Geschäftsmodelle und Business Cases werden bei Bedarf spezifisch für einzelne Varianten entwickelt (Interviewpartner 2).

Die Entwicklung der Produkte unterscheidet sich zwischen Vorentwicklung und Serienentwicklung. Die Vorentwicklung greift gefundene Potenziale auf der Produktlinien- und Familienebene auf und überführt diese in erste Prototypen einzelner Produkte.

„Wir [haben eine] [...] starke Vorentwicklungsgruppe, mit den[en] wir sage ich mal uns im Vorfeld bevor wir auf die Kunden zugehen, intensivste auseinandersetzen wie

können wir diese Komponenten, Subsysteme und Gesamtsysteme optimieren.“ (Interviewpartner 4)

Die Erarbeitung von Konzepten wird disziplinübergreifend durchgeführt. Sobald ein gemeinsames Konzept steht, geht es für die Ausarbeitung in die domänenspezifischen Fachbereiche:

*„Also diese Diskussion der konkreten Konzeptfindung und dann Konzeptentscheidung, die findet erst noch übergreifend statt. Wenn man dann das Konzept hat, geht es natürlich in den jeweiligen Fachbereich.“
(Interviewpartner 7)*

Die tatsächliche Entwicklung der technischen Umsetzung hin zum Serienanlauf geschieht dann innerhalb der Fachbereiche auf Ebene der Subsysteme (Interviewpartner 3). Über die Interviews hinweg wird die gemeinsame Abstimmung zwischen Produktentwicklung und Produktmanagement wie nachfolgend exemplarisch von Interviewpartner 6 als zentral herausgestellt.

*„[...] egal ob wir jetzt Top-Down kommen, aus der Portfolioplanung, oder normal kundengetrieben von unten, wo wir eine einzelne Komponente entwickeln, gehen wir eigentlich immer [...] zumindest in der Produktentwicklung auch in Abstimmung mit dem Product-Management, [...]“
(Interviewpartner 6)*

5.1.3.3 Thema 3: Entwicklung auf den Ebenen des Produktportfolios

Neben den Schwerpunkten in den Aktivitäten auf den verschiedenen Ebenen unterscheiden sich auch die Häufigkeit und Geschwindigkeit der Weiterentwicklung in Abhängigkeit von der Ebene im Produktportfolio. So werden Elemente im Produktportfolio auf niedrigeren Ebenen, wie beispielsweise der Subsystemebene, häufiger und in kürzerer Zeit weiterentwickelt als bspw. auf Familien- oder Linienebene (Interviewpartner 2). Weiter zeigt sich in den Interviews, dass die Aktualisierung von Subsystemen, welche mit dem Modell der SGE - Systemgenerationsentwicklung als Entwicklung einer neuen Systemgeneration beschrieben werden kann, nicht immer unmittelbar auch am Markt als neue Systemgeneration gesehen wird.

„Software Stände sind abhängig vom [...] Stand des Steuerungsrechners, also Windows System was drauf ist, Hardware die im Rechner drin ist usw. Da gibt es auch immer wieder neue Generationen, die dann aber nicht zwingend zu neuen Maschinen Generation führen.“
(Interviewpartner 7)

Dem gegenüber steht der Fall, in welchem gezielte Variationen von Subsystemen eingesetzt werden, um eine neue Generation des übergeordneten Produkts zu realisieren.

„[Eine neue Produktgeneration entsteht, wenn wir] an die Hauptelemente der Hardware gehen [...], also auch wirklich CPUs und Sensorik, Aktorik, Hydraulik.“
(Interviewpartner 3)

Die Interviewpartner geben an, dass neue Produktgenerationen maßgeblich auf der Produktfamilienebene definiert und vermarktet werden. Selten wird eine einzelne Variante einer Produktfamilie als neue Generation vermarktet. In der Regel werden neue Produktgenerationen strategisch geplant und entwickelt, indem gezielt Merkmale der Produktfamilie variiert werden. Weitreichende Änderungen treten insbesondere bei der Integration neuer Technologien im Portfolio auf.

Insbesondere bei Produkten, welche sehr lange ohne nachfolgende Generation im Markt verbleiben, sind tendenziell die Variationsanteile an Prinzip- und Ausprägungsvariation größer als bei kurzlebigen Produkten mit hoher Generationsfolge. Am Beispiel von Interviewpartner 6 bleiben die Produkte bis zu 30 Jahre im Markt, bis eine Folgegeneration entwickelt wird. Über die verschiedenen Interviews hinweg zeigte sich jedoch eine große Breite hinsichtlich der zeitlichen Entwicklungsfolge neuer Produktgenerationen. Die langen Generationszyklen treten vor allem bei Produkten auf, bei denen sich die Anforderungen nur langsam ändern, wenig emotionalisiert sind und deren Anschaffungskosten sehr hoch ausfallen, was einer Investition gleichkommt.

5.1.3.4 Thema 4: Management von Herausforderungen bei der Entwicklung des Produktportfolios

Die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios stellt Unternehmen vor erhebliche Herausforderungen. Die laut den Interviewpartnern zu begegnenden Herausforderungen lassen sich in drei Bereiche aufteilen: (I) Wirtschaftlichkeit, (II) Komplexität und (III) hemmende Marktcharakteristika.

(I) Wirtschaftlichkeit in der Weiterentwicklung von Produktportfolios

Eine Anpassung innerhalb des Produktportfolios erfordert unmittelbare finanzielle Aufwände und Risiken. Insbesondere bei Anpassungen auf hohen Ebenen des Produktportfolios wie beispielsweise einer Produktlinie propagiert die Anpassung auf die darin enthaltenen Produktfamilien und wiederum darin enthaltenen Produktvarianten, sodass hohe Entwicklungsaufwände entstehen können.

Der „vernünftige Rahmen“ bildet sich dabei in der Regel durch die Prämisse, mit der Produktportfolioanpassung als Unternehmen langfristig einen Gewinn zu erwirtschaften. Hierzu werden mittels eines Business Cases für jede geplante Anpassung im Produktportfolio die anfallenden Kosten gegenüber dem über den Lebenszyklus erwarteten Umsatz abgewogen. Hier tritt erneut der Zusammenhang auf, dass große Anpassungen zwischen Generationszyklen auch tendenziell eine längere Zeit im Markt haben, um die kostenintensive Weiterentwicklung des Portfolios wirtschaftlich abzubilden.

(II) Prozess- und Strukturkomplexität in der Weiterentwicklung von Produktportfolios

Als zweite zentrale Herausforderung stellt sich die Komplexität bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios heraus. Zum einen stellen die Aktivitäten bei der Weiterentwicklung (Prozesskomplexität) sowie die Modellierung der Wechselwirkungen innerhalb des Produktportfolios (Strukturkomplexität) eine Herausforderung dar. Die hohe Prozesskomplexität macht sich besonders auf der Ebene der Produktlinien und -familien durch die hohe Gestaltungsfreiheit bemerkbar. Dies erfordert wiederum umfangreiche und zeitintensive Planungsaktivitäten, um die Weiterentwicklung zukunftsrobust zu gestalten. Durch die stark unterschiedlichen Entwicklungszyklen in Dauer, Art und Anzahl der Aktivitäten über die verschiedenen Ebenen hinweg laufen die Prozesse auf den Ebenen häufig unabgestimmt und zeitlich asynchron ab.

Die Strukturkomplexität entsteht aus den zahlreichen Beziehungen der Elemente im Produktportfolio zueinander. Die Verwendung von Gleichteilen reduziert beispielsweise die Anzahl an Subsystemen, steigert jedoch unmittelbar deren Vernetzung und Abhängigkeit. Erschwerend kommt hinzu, dass über das eigene Produktportfolio hinweg Abhängigkeiten von Produkten zu übergeordneten Gesamtsystemen, bspw. Subsysteme zu einem Gesamtfahrzeug, bestehen.

(III) Hemmende Marktcharakteristika in der Weiterentwicklung von Produktportfolios

Die dritte zentrale Herausforderung stellen Markteigenschaften dar, welche eine Planung der Weiterentwicklung des Produktportfolios behindern. Allen voran steht hier die **Volatilität der Märkte**. Durch eine hohe Schwankungsrate fällt es Unternehmen schwer, die Entwicklungen vorherzusehen. Die Interviewpartner, welche in volatilen Märkten agieren, planen im Regelfall lediglich für kurze Zeiträume. Neben der Volatilität stellen sehr **lange Produktlebenszyklen** eine hemmende Marktcharakteristik zur Entwicklung neuer Generationen im Produktportfolio dar. Mit langen Generationszyklen wird häufig auch die Planung der nächsten Generationen zurückgestellt.

Einen weiteren hemmenden Faktor stellen **regulatorische Vorgaben** dar, welche im Spannungsfeld zur technischen Weiterentwicklung der Produkte stehen. Die Zertifizierung und Zulassung von Produkten stellen einen kostenintensiven und aufwändigen Prozess dar. Besteht eine Zertifizierung für ein Produkt, wird möglichst versucht, das Produkt nur insofern weiterzuentwickeln, dass die Zertifizierung nicht verloren geht:

„Fragt man einen Ingenieur, sagt der, 90 Prozent muss neu, [...], lass uns das von vorne machen, ich habe viel mehr gelernt jetzt. Fragt man [...], die regulatorische Abteilung, sagen sie, lasst die Finger von dem Geschehen [...] Das ist normal die Crux.“ (Interviewpartner 3)

Um den Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios zu begegnen, nannten die Interviewpartner verschiedene Entwicklungsstrategien, welche nachfolgend in Tabelle 5.3 aufgeführt sind.

Tabelle 5.3: Entwicklungsstrategien aus der Interviewstudie I (vgl. Meyer et al., 2025)

| Strategie | Beschreibung |
|---------------------------|--|
| Priorisierung | Alle befragten Unternehmen allokierten ihre Ressourcen zu Geschäftsfeldern und Ideen nach einer ausgewählten Kombination von kurz-, mittel- und langfristigen Projekten. |
| Katalogentwicklung | Es werden zunächst alle sinnvollen Varianten parallel entwickelt und diese in einem Katalog aufgegriffen und angeboten („Katalogentwicklung“). |

| | |
|--|--|
| Baukästen | Drei der sieben Interviewpartner gaben an, dass ihr Unternehmen einen anbieterseitigen Baukasten führt, um durch Kombination von Standardelementen Kundenbedarfe bedienen zu können. |
| Plattformstrategie | Als Sonderform der Baukastenstrategie baut eines der interviewten Unternehmen eine Plattformstrategie auf Ebene der Produktfamilie auf, auf der alle Varianten basieren sollen. |
| Basisvariante | Es wird erst eine Variante eines Produktes entwickelt und anschließend werden die übrigen Varianten abgeleitet. |
| Wiederholteile | Zwei Unternehmen setzen auf Standardisierung von Elementen im Portfolio, um Architekturen, Funktionen oder Subsysteme möglichst oft wiederverwenden zu können. |
| Produktstrukturpläne | Diese sollen dabei unterstützen, die Wechselwirkungen zwischen Produktfamilien, Varianten und Subsystemen insbesondere bei der Verwendung von Wiederholteilen zu modellieren. |
| Parallele Entwicklung mehrerer Generationen | Der Großteil der Interviewpartner gab an, jeweils die nächsten zwei Produktgenerationen parallel in der Entwicklung zu haben. Beweggrund zur parallelen Entwicklung ist die dadurch verkürzte Markteinführungszeit der nächsten Generation |

5.1.4 Diskussion und Zwischenfazit – zur Interviewstudie I

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Interviewstudie diskutiert und ein Zwischenfazit gezogen.

Strukturierung des Produktportfolios

Die Strukturierung und der Aufbau der Produktportfolios decken sich mit den in der Literatur vorhandenen Ansätzen zur Strukturierung in verschiedene Ebenen (vgl. Hannila, Koskinen et al., 2020; vgl. Krause & Gebhardt, 2018). Es zeigt sich, dass die Benennung der einzelnen Ebenen in der Praxis von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich ist, bspw. werden in der Praxis häufig die Begriffe „Komponenten“, „Baugruppen“ und „Bauteile“ synonym verwendet. Änderungen auf höheren Ebenen wie der Produktlinien- und Familienebene geben den zentralen Nutzen und damit wiederum Ziele und Anforderungen für die unteren Ebenen vor. Wird auf den höheren Ebenen etwas geändert, erzeugt dies im Regelfall ebenfalls eine Anpassung auf den darunterliegenden Ebenen. Exemplarisch erfordert eine Veränderung der Produktfamilie Dialysemaschinen hin zu einer Familie mit

kostengünstigen Dialysemaschinen die Optimierung der enthaltenen kostentreibenden Subsysteme.

Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die Ergebnisse der Interviewstudie zeigen, dass die Weiterentwicklung des Produktportfolios auf den unterschiedlichen Ebenen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Horizonten abläuft. So laufen auf den höheren Ebenen die strategischen Weiterentwicklungen, welche langfristig und lösungsoffen diskutiert werden. Demgegenüber werden auf den tieferen Ebenen in kürzeren Zyklen Weiterentwicklungen getrieben. Hier finden eher die operativen und inkrementellen Weiterentwicklungen statt. Diese Erkenntnis spiegelt sich ebenfalls in den grundlegenden Planungsebenen eines Unternehmens wider: strategisch (langfristig), taktisch (mittelfristig) und operativ (kurzfristig). Die einzelnen Ebenen können jedoch nicht losgelöst voneinander betrachtet werden. Die Realisierung von neuen Anwendungsfeldern einer weiterentwickelten Produktlinie kann erst durch die Ausgestaltung von Produktfamilien und Produktvarianten sowie von deren Subsystemen realisiert und gehoben werden. Es bedarf daher einer Synchronisation der Entwicklungsaktivitäten auf den verschiedenen Ebenen, damit die Entwicklung einheitlich auf ein gemeinsames Ziel zusteuert.

Aufgabenschwerpunkte

Die Interviewstudie zeigt, dass die Weiterentwicklung von Produktportfolios über die Ebenen der Produktlinien, -familien, -varianten und Subsysteme mit unterschiedlichen Schwerpunkten abläuft. Potenziale für zukünftige Produkte werden vorrangig auf Linienebene abgeleitet. Auf Familienebene werden daraufhin Ideen zur Erschließung der abgeleiteten Potenziale identifiziert. Gemeinsam mit der Ausgestaltung der einzelnen Produktvarianten, welche später vom Kunden als „Produkt“ bezogen werden, wird die Geschäftsplanung durchgeführt, da zumeist erst ab der Produktvariantebene eine konkrete Abschätzung der Produktkosten möglich ist. Abschließend werden die Produkte über verschiedene, fraktal zusammengesetzte Subsysteme auf der Subsystemebene realisiert.

Die Aufgaben auf den verschiedenen Ebenen werden nicht nach einem reinen Zeitplan ausgeführt. Es gibt verschiedene Auslöser für die Weiterentwicklung des Produktportfolios (Thema (1)) und korrelierende Herausforderungen bei der Entwicklung des Produktportfolios (Thema (4)).

Diese Zuordnung von Aktivitätsschwerpunkten auf den Ebenen eines Produktportfolios wurde in bisheriger Forschung kaum beschrieben, viele Ansätze fokussieren sich entweder ganzheitlich oder produktzentriert auf die

Weiterentwicklung (vgl. Kapitel 2.4). Es ergibt sich daraus der Bedarf, ebenenspezifisch Methoden und Ansätze bereitzustellen, um gezielt den Prozess der Weiterentwicklung mit ihren Aufgabenschwerpunkten zu adressieren. Limitierend ist anzumerken, dass es sich lediglich um Aufgabenschwerpunkte und keine absolute und diskrete Zuordnung handelt.

Entwicklung in Produktgenerationen

Eine neue Produktgeneration zeichnet sich, nach Einschätzung der Interviewpartner der Interviewstudie, durch eine signifikante Veränderung in der Leistung aus. Geringe Anpassungen oder Produkte ohne eine signifikante Leistungssteigerung werden häufig vom Markt nicht als neue Produktgeneration wahrgenommen. Es ist zu differenzieren, dass auch diese Produkte über das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung beschreibbar sind, auch wenn sie nicht unmittelbar vom Markt als Produkt wahrgenommen werden. Bei der Entwicklung neuer Systeme birgt das Arbeiten mit Referenzen im Sinne der SGE - Systemgenerationsentwicklung Potenziale die Weiterentwicklung effizienter zu gestalten. (Albers & Rapp, 2022)

Die Entwicklung neuer Produktgenerationen wird von den Unternehmen strategisch geplant und zumeist über die Einführung ganzer Produktfamilien am Markt umgesetzt. Hervorzuheben ist das im Rahmen der Interviewstudie ergründete breite Spektrum der Dauer der Generationszyklen. Je nach befragtem Interviewpartner und dessen Produkten erstreckt sich die Dauer von einem Jahr bis hin zu 30 Jahren. Dieses breite Spektrum erfordert unterschiedliche Ansätze in der Weiterentwicklung von Produktportfolios abhängig von der Zyklusdauer, da über sehr lange Zykluszeiten die eigenen Produkte als potenzielle Referenzsystemelemente stark veraltet sein können. Wie Thema (3) „Entwicklung auf den Ebenen des Produktportfolios“ aufzeigt, wird in diesem Fall nicht kontinuierlich an einer nächsten Generation entwickelt. Lediglich in Unternehmen mit kürzeren Zyklen werden mehrere Produkte parallel in der Entwicklung vorangetrieben. Es bedarf daher einer Unterstützung, die kommenden Generationen in Abhängigkeit von der Zyklusdauer und den strategischen Zielen abzuleiten und zu beschreiben.

Es gilt abschließend zu limitieren, dass die Erkenntnisse aus der Interviewstudie lediglich einen exemplarischen Charakter aus der aktuellen Praxis widerspiegeln. Daher sollten die Erkenntnisse der Studie nicht als Idealprozess und uneingeschränkte Handlungsempfehlung verstanden werden.

Die verschiedenen Implikationen aus der Interviewstudie bestätigen die eingangs gestellte Hypothese, dass in Unternehmen ein Unterstützungsbedarf bei der Beschreibung und Weiterentwicklung besteht. Entsprechend bestehen **zwei**

zentrale Handlungsbedarfe für die Erarbeitung eines Ansatzes zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Die Entwicklung eines Beschreibungsmodells zur Modellierung des Produktportfolios sowie eines Vorgehensmodells zur Unterstützung der Weiterentwicklungsaktivitäten.

1.) Beschreibungsmodell

Die Interviews offenbaren zahlreiche Aspekte und Herausforderungen, wie beispielsweise die Auswirkung paralleler Entwicklungsprozesse sowie die Auswirkung von Variationen von einzelnen Ebenen auf weitere Elemente im Produktportfolio. Die Begrifflichkeiten variieren abhängig von den Unternehmen und es herrscht kein einheitliches Begriffsverständnis. Daher wird ein Beschreibungsmodell benötigt, um die Weiterentwicklung von Produktportfolios präzise und formal beschreiben zu können.

2.) Vorgehensmodell

Ergänzend zeigen die Interviews, dass die Durchführung der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios Unternehmen vor eine große Herausforderung stellt. Es offenbaren sich verschiedene Aufgabenschwerpunkte auf verschiedenen Ebenen des Produktportfolios, welche häufig individuell ausgelöst werden und asynchron ablaufen. Ziel des Vorgehensmodells ist es, die verschiedenen Auslöser und Ebenen zu koordinieren und die Weiterentwicklung über verschiedene Auslöser und Ebenen hinweg zukunftsrobust zu synchronisieren.

Die Kombination aus Beschreibungs- und Vorgehensmodell wird fortan als Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios verstanden (vgl. Abbildung 5.7). Dabei sind die beiden Modellteile der Systematik nicht vollständig voneinander entkoppelbar. In der vorliegenden Arbeit wird je nach Fokus der Studien von Beschreibungsmodell (vgl. Kapitel 6), Vorgehensmodell (vgl. Kapitel 7) oder der Gesamtheit als Systematik gesprochen (vgl. Kapitel 8).



Abbildung 5.7: Die Kombination aus Beschreibungs- und Vorgehensmodell wird fortan als Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios verstanden.

5.2 Systematische Literaturanalyse zu bestehenden Ansätzen bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios

In Ergänzung zur Sichtweise aus der Praxis durch die Interviewstudie mit Unternehmensexpertinnen und -experten gilt es, die theoretische Sichtweise miteinzubeziehen. Nachfolgend werden durch eine systematische Literaturrecherche die Erkenntnisse und Handlungsbedarfe aus der Praxis um Herausforderungen und Ansätze aus der Theorie erweitert.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel et al., 2023b).

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die ersten Erkenntnisse aus der Interviewstudie den Modellen und Herausforderungen aus dem Stand der Forschung gegenüberzustellen. Die Kombination aus Erkenntnissen aus der Praxisbetrachtung im Rahmen der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) gemeinsam mit Aspekten der Literatur im Rahmen der systematischen Literaturrecherche soll die Basis bilden, um zielgerichtet eine Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios entwickeln zu können.

Hierzu werden folgende Leitfragen (LF) für die Studie formuliert:

LF1 – Welche Suchfelder sind für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios relevant?

LF2 – Welche Ansätze zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios gibt es?

LF3 – Welche Herausforderungen bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios existieren aus Sicht der Literatur?

Nachfolgend wird das methodische Vorgehen zur Beantwortung der Leitfragen vorgestellt.

5.2.1 Methodisches Vorgehen

Das Vorgehen zur systematischen Literaturrecherche lehnt sich an Webster und Watson (2002) an. Die durchgeführten Schritte sind in Abbildung 5.8 zu erkennen.

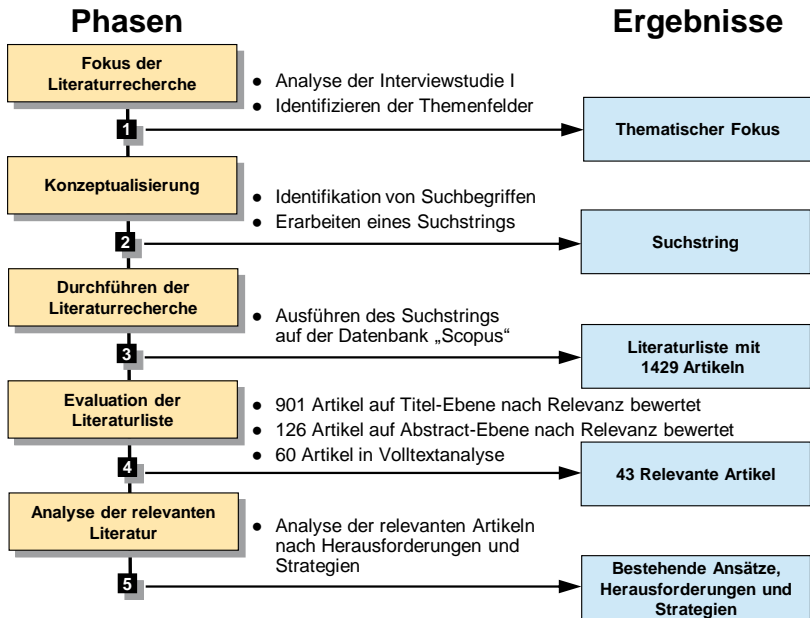


Abbildung 5.8: Vorgehen zur systematischen Literaturrecherche (SLR) in Anlehnung an Webster und Watson (2002). Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023b).

Zu Beginn wird in Phase 1 der eigentliche Fokus der Literaturrecherche herausgearbeitet. Bevor ein konkreter Suchstring aufgestellt werden kann, muss zunächst das zu untersuchende Themenfeld präzisiert werden. Auf Grundlage der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) und der Erkenntnisse aus dem Stand der Forschung (Kapitel 2) konnte herausgearbeitet werden, dass für die Weiterentwicklung des Produktportfolios neben dem Produktportfoliomanagement ebenso Aspekte der strategischen Produktentwicklung sowie der SGE - Systemgenerationsentwicklung zu betrachten sind. Die Ansätze im Stand der Forschung konzentrieren sich häufig

nur auf einen Teilbereich der Suchfelder. Die strategische Entwicklung beispielsweise berücksichtigt noch nicht die Auswirkungen verschiedener Einflüsse auf den Ebenen des Produktportfolios. Für eine effiziente und risikoarme Weiterentwicklung ist es weiterführend notwendig, die referenzbasierte Entwicklung im Sinne des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung aufzugreifen. In dem Suchfeld wurde unterschieden, ob eine Nennung der Referenzen und Generationen explizit vorlag oder der Grundgedanke mit Referenzen zu entwickeln enthalten war, dieser Gedanke jedoch nicht explizit genannt bzw. genutzt wurde. Der resultierende Untersuchungsbedarf lässt sich in drei Kern-Untersuchungsfelder für die systematische Literaturrecherche, wie in Abbildung 5.9 dargestellt, konkretisieren.

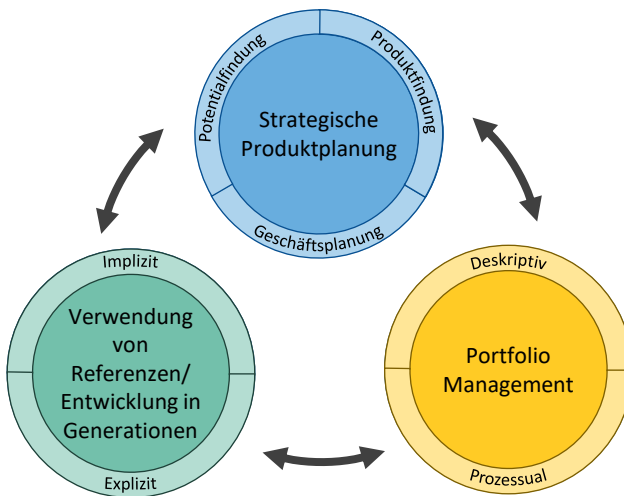


Abbildung 5.9: Suchfelder für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios. Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023b).

Aufbauend auf dem festgelegten thematischen Fokus werden in der zweiten Phase die Suchbegriffe für die systematische Literaturrecherche aufgegriffen. Auf Basis der herausgearbeiteten Suchfelder der ersten Interviewstudie wurde folgender „Searchstring“ festgelegt:

"Future Robust Product Development" OR "Product Generation Engineering" OR "System Generation Engineering" OR "Product revolution" OR "Strategic Product Planning" OR "Product Portfolio" OR "Product Portfolio Development"

In der dritten Phase wurden die Suchbegriffe verwendet, um in der Datenbank „Scopus“ den Suchauftrag auszuführen. Die Suche mithilfe der erstellten Suchbegriffe ergab eine Ergebnismenge von 1429 Artikeln. Nach der Eliminierung von nicht deutsch- oder englischsprachigen Artikeln und Duplikaten verblieb eine Menge von 901 Artikeln. Die 901 Artikel wurden im nächsten Schritt von zwei Personen unabhängig in mehreren Iterationen gefiltert. Der erste Schritt der Auswertung auf Titelsebene lieferte 126 Artikel, die auf Titelebene relevant erschienen. In der zweiten Iteration wurden die 126 Artikel auf Abstract-Ebene bewertet. Als Ergebnis blieb eine Menge von 60 Artikeln übrig, welche im nächsten Schritt einer Volltextanalyse unterzogen wurden. Als Ergebnis der Volltextauswertung als letzte Iterationsstufe blieb eine Basis von 43 relevanten Artikeln bestehen.

5.2.2 Ergebnis der systematischen Literaturrecherche

Als zentrales Ergebnis der systematischen Literaturrecherche stehen die 43 als relevant bewerteten Veröffentlichungen, welche nachfolgend in Tabelle 5.4 aufgegriffen und im Stand der Forschung (vgl. Kapitel 2.4) kurz erläutert werden.

Die einzelnen Artikel wurden entsprechend ihrer Erfüllung der Suchfelder bewertet. Die Auswertung zeigt, dass insbesondere in dem beschreibenden Bereich für Portfoliomanagement viele Ansätze existieren. Unter Verwendung der Suchbegriffe über die Datenbank „Scopus“ konnte jedoch kein Ansatz gefunden werden, welcher alle drei der erforderlichen Themenfelder adressiert.

Tabelle 5.4: Ergebnis der systematischen Literaturrecherche: Relevante Veröffentlichungen und deren Erfüllung der Investigationsfelder. Adaptiert nach Schlegel et al. (2023b)

| | Referenzen/ Generationen | | Strategische Produktplanung | | | Portfolio Management | | |
|---|--------------------------|----------|-----------------------------|----------------|------------------|----------------------|------------|--|
| | Explizit | Implizit | Potentialfindung | Produktfindung | Geschäftsplanung | Beschreibend | Prozessual | |
| 1 | ✓ | | | | | | | (Albers, Behrendt, Klingler, Reiss & Bursac, 2017) |
| 2 | ✓ | | | | | | | (Albers, Bursac & Rapp, 2017) |

| | | | | | | | | |
|----|---|--|---|---|---|---|---|---|
| 3 | ✓ | | | | ✓ | | | (Albers, Maul, Heismann & Bursac, 2018) |
| 4 | | | | | | ✓ | ✓ | (Alfieri et al., 2020) |
| 5 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Cooper & Sommer, 2020) |
| 6 | | | | | | ✓ | | (Dash et al., 2018) |
| 7 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Doorasamy, 2015) |
| 8 | | | | | | | ✓ | (Doorasamy, 2017) |
| 9 | | | | ✓ | ✓ | ✓ | | (Dorostkar-Ahmadi & Shafie-Nikabadi, 2018) |
| 10 | ✓ | | ✓ | | | ✓ | | (Echterfeld & Gausemeier, 2018) |
| 11 | | | | | ✓ | ✓ | | (Esmaeili & Arjmand, 2019) |
| 12 | | | | | | ✓ | | (Gerpott & May, 2016) |
| 13 | | | | | ✓ | ✓ | | (Goli, Zare, Tavakkoli-Moghaddam & Sadeghieh, 2019) |
| 14 | | | | | ✓ | ✓ | | (Hannila, Kuula, Harkonen & Haapasalo, 2020) |
| 15 | | | | | ✓ | ✓ | | (Hannila, Silvola, Harkonen & Haapasalo, 2022) |
| 16 | | | | | ✓ | ✓ | | (Hannila, Tolonen, Harkonen & Haapasalo, 2019) |
| 17 | | | | | ✓ | | | (Kutsch, Ward, Hall & Alger, 2015) |
| 18 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Jugend & Da Silva, 2014) |
| 19 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Jugend et al., 2015) |
| 20 | | | | | | ✓ | ✓ | (Jugend et al., 2016) |
| 21 | | | | | | ✓ | ✓ | (Jugend & Leoni, 2015) |
| 22 | | | | | ✓ | | ✓ | (Kraiczy, Hack & Kellermanns, 2014) |
| 23 | | | | | ✓ | ✓ | | (Kuffer & Brecht, 2012) |
| 24 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Lahtinen et al., 2021) |

Systematische Literaturanalyse zu bestehenden Ansätzen bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios

| | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|---|
| 25 | | | | | ✓ | | | (Langenberg, Seifert & Tancrez, 2012) |
| 26 | | | | ✓ | | | ✓ | (Li, Chen, Liou & Lin, 2014) |
| 27 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Ma, 2016) |
| 28 | | | | | ✓ | | ✓ | (Mäkinen & Viikko, 2014) |
| 29 | | | | | ✓ | ✓ | | (McNally et al., 2013) |
| 30 | | | | | | ✓ | | (S. Müller & Haase, 2016) |
| 31 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Oster, Reneberg & Hofmann, 2014) |
| 32 | | ✓ | | ✓ | | | | (Ravn, Gudlaugsson & Mortensen, 2016) |
| 33 | | | | | ✓ | | | (Rodado, Escobar, García-Cáceres & Niebles Atencio, 2016) |
| 34 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Schuh et al., 2016) |
| 35 | | ✓ | | ✓ | | | | (Seo et al., 2016) |
| 36 | | ✓ | | | | ✓ | | (Shafiee, Kristjansdottir & Hvam, 2017) |
| 37 | | | | | ✓ | ✓ | | (Takami, Sheikh & Sana, 2016) |
| 38 | | | | | ✓ | ✓ | | (Tolonen et al., 2015) |
| 39 | | | | | ✓ | ✓ | ✓ | (Ulonska & Welo, 2014) |
| 40 | | | | | ✓ | ✓ | | (Ulonska & Welo, 2016) |
| 41 | | | | | | ✓ | | (Urhahn & Spieth, 2013) |
| 42 | | | | | ✓ | ✓ | | (Verrollot et al., 2017) |
| 43 | | | | ✓ | | ✓ | | (Yalcinkaya, Aktekin & Yenyurt, 2020) |
| Anteil | 9% | 7% | 2% | 12% | 63% | 72% | 37% | |

Auch wenn gleich keiner der identifizierten Ansätze alle genannten Suchfelder adressiert, stellen die identifizierten Ansätze selbst wertvolle Referenzen zur Entwicklung einer Systematik bestehend aus Beschreibungs- und Vorgehensmodell

dar. Daher werden im Rahmen des Stands der Forschung in Kapitel 2.4 die zehn relevantesten Ansätze aufgeführt.

Ergänzend zu der Einordnung der bestehenden Ansätze lassen sich durch die Analyse der Ansätze vier Herausforderungscluster aus der Literatur sowie den Strategien zur Bewältigung ableiten, welche die Erkenntnisse aus der Praxis bestätigen bzw. erweitern: (I) Strukturierung des Produktportfolios, (II) auslösende Kräfte für die Entwicklung des Produktportfolios, (III) Prozess der Produktportfolioentwicklung, (IV) interne und externe Herausforderungen sowie (V) Strategien zur Bewältigung von Herausforderungen.

5.2.2.1 Struktur des Produktportfolios (I)

Die Literatur bestätigt die grundsätzliche Herausforderung, ein Produktportfolio zu beschreiben. Nach Esmaeili und Arjmand (2019) erfordert eine erfolgreiche Produktportfolio-Modellierung die Kombination der Sichtweisen des Marketings und der Technik auf ein Produktportfolio. Diese gemeinsame Modellierung erfordert eine enge Absprache zwischen Marketing- und Ingenieuraufgaben, die als Customer-Engineering-Überlegungen zusammengefasst werden können (Gerpott & May, 2016; Jiao & Zhang, 2005; Luo, 2011). Lahtinen et al. (2021) unterscheiden weiter zwischen F&E- Forschung und Entwicklung und New-Product-Development-Portfolios (Lahtinen et al., 2021; Mikkola, 2001). Innerhalb dieser beiden Sichtweisen wird das Produktportfolio in verschiedene Ebenen unterteilt, beispielsweise in Produktlinien (Kotler et al., 2017) oder Produktfamilien (Du et al., 2001; Lahtinen et al., 2021). Diese Strukturierung deckt sich mit den Ergebnissen der durchgeführten Interviewstudie in Kapitel 5.1. Ulonska und Welo (2014) zeigen beispielsweise eine Unterteilung nach prinzipieller Layout-, Architektur-, Funktions- und physischer Varianz auf (Ulonska & Welo, 2014). Analog dazu können auch verschiedene Abstraktionsebenen unterteilt werden (Ulonska & Welo, 2016).

5.2.2.2 Auslösende Kräfte für die Weiterentwicklung des Produktportfolios (II)

Die Entwicklung des Produktportfolios wird in der Literatur als ein dynamischer Entscheidungsprozess dargestellt. (Sadeghi & Zandieh, 2011). Übergreifend werden vier Hauptziele des Produktportfoliomanagements (PPM) durch Cooper und Edgett (1999) zusammengefasst: „(1) Wertmaximierung, (2) strategische Auswahl, (3) Auswahl neuer Produkte und Technologien und (4) Ausgleich der Ressourcen“ (vgl. Kapitel 0). Zentrale Treiber für die Weiterentwicklung des Produktportfolios sind technologische und marktorientierte Unsicherheiten, welche es aktiv zu bewältigen gilt (Albers, Behrendt et al., 2017). Neue Technologien erfordern häufig eine Anpassung

von Teilsystemen, wobei insbesondere die Integration der neuen Technologie in angrenzende Systeme im Produktportfolio eine Herausforderung darstellt (Ravn et al., 2016). In B2B-Märkten werden Entscheidungen meist auf Basis organisatorischer Anforderungen und objektiver Kriterien getroffen und stellen im Regelfall eine kontinuierliche technische Verbesserung dar (Parasuraman, 1997). Radikal neu entwickelte Produkte sowie Technologien sind sehr selten und werden nicht als Teil der kontinuierlichen Entwicklung gesehen (Schuh et al., 2016). Technologie stellt damit eine der größten auslösenden Kräfte für Weiterentwicklungen dar, wie z.B. die Erweiterung von physischen Produkten mittels digitaler Schnittstellen hin zu CPS – Cyper-Physischen-Systemen (Gausemeier et al., 2019; Gerpott & May, 2016). Um die Auslöser für die Weiterentwicklung wirksam zu adressieren, sind zwei Aspekte entscheidend. Zum einen die dynamischen Interaktionen konkurrierender Firmen in einem Markt zueinander und zum anderen die organisatorischen Kompetenzen eines Unternehmens selbst (Yalcinkaya et al., 2020).

5.2.2.3 Prozess der Produktportfolioentwicklung (III)

Von Seiten der Literatur schlagen beispielsweise Harkonen, Haapasalo und Hanninen (2015) einen Ansatz zur „Productisation“ vor, welcher den Prozess der Überführung von Kundenbedürfnissen in ein verkaufsfähiges Produktangebot beschreibt. Der Ansatz wurde zum einen für Industrieproduktportfolios (Tolonen, Harkonen & Haapasalo, 2014) und zum anderen für Dienstleistungsproduktportfolios (Harkonen et al., 2015; Harkonen, Tolonen & Haapasalo, 2017) untersucht.

Ein zentrales Ziel bei dem Prozess der Weiterentwicklung von Produktportfolios ist es, die interne Vielfalt zu verringern und gleichzeitig die externe Vielfalt zu erhalten. Entlang des Prozesses sollte die Weiterentwicklung durch Zielvorgaben und KPIs unterstützt und überwacht werden. Dabei wird sich insbesondere auf die wichtigsten und rentabelsten Funktionalitäten fokussiert (Lahtinen et al., 2021). Neben der Anzahl zu entwickelnder Elemente spielt auch der Umfang der Weiterentwicklung eine zentrale Rolle. So werden das Entwicklungsrisiko und die damit verbundenen Kosten reduziert, wenn die Weiterentwicklung weitgehend bereits bestehende Produkte aufgreift. (Deubzer & Lindemann, 2009; Eckert, Alink & Albers, 2010).

Albers, Bursac und Rapp (2017) stellen fest, dass die Produktentwicklung in den meisten Fällen in der Verbesserung bestehender Produkte besteht. Die grundsätzliche Funktionalität und deren Architekturen eines Produktes bleiben häufig bei der Weiterentwicklung konstant, wohingegen sich die Detailkonstruktion häufiger ändert (Baldwin & Clark, 2006; Pimpler & Eppinger, 1994).

Die Literatursicht unterstreicht, dass der Einsatz etablierter Methoden des Produktportfoliomanagements für die gleichzeitige Bewertung von Strategie-, Markt-, Technologie- und Risikofaktoren sowie der wirtschaftlichen Rentabilität des Produktportfolios nützlich sind (Verbano & Nosella, 2010). Entscheidend ist, dass die Umsetzung der Methoden leicht verständlich gestaltet und mit geringem Aufwand in Unternehmen anwendbar ist (Jugend & Da Silva, 2014). Ein besonders hoher Stellenwert wird dem Produktportfoliomanagement zur Priorisierung von Investitionen und Ressourcen für die Produktentwicklung mit dem höchsten Innovationspotenzial zugesprochen (Tolonen et al., 2015).

5.2.2.4 Interne und externe Herausforderungen (IV)

Tolonen, Kropsu-Vehkaperä und Haapasalo (2014) haben einige der aktuellen Herausforderungen aufgelistet: undefinierte Produktportfolios, fehlendes Denken in Geschäftsszenarien auf Portfolioebene, ungeplante Produktlebenszyklen, welche zu einer Portfolioexplosion führen. Übergreifend stellen Tolonen, Kropsu-Vehkaperä und Haapasalo (2014) fünf Gruppen an Auslösern für die Weiterentwicklung von Produktportfolios heraus: 1) Generische Auslöser, 2) Zielvorgaben und KPIs, 3) Eigentums- und Governance-Modelle, 4) Prozesse und Methoden und 5) Datenverfügbarkeit (Lahtinen et al., 2021; Tolonen, Kropsu-Vehkaperä & Haapasalo, 2014; Tolonen et al., 2015).

Die zentrale Herausforderung für die Unternehmen besteht darin, zwischen Ressourcenbeschränkungen und Kundenpräferenzen abzuwägen und einen idealen Kompromiss zu finden (Doorasamy, 2017; Esmaeili & Arjmand, 2019).

Als Ergebnis der systematischen Literaturrecherche ergeben sich weitere Herausforderungen für die Weiterentwicklung von Produktportfolios:

Kundenanforderungen: Ein zentraler Treiber sind die Anforderungen, welche durch die Bedarfe der Kunden entstehen. (S. Müller & Haase, 2016). Um im Wettbewerb bestehen zu können, ist es für die Unternehmen notwendig, auf die Kundenbedürfnisse einzugehen. Über die Zeit hinweg wird das Produktportfolio als Reaktion auf das Umfeld dynamischer und tendenziell tiefer, während die Komplexität des Portfolios kontinuierlich zunimmt (Oster et al., 2014). Die Nachfrage nach individualisierten Produkten nimmt stetig zu (Oster et al., 2014; Schuh et al., 2016) und führt zu einer unverhältnismäßigen Zunahme der Variantenvielfalt (Randall & Ulrich, 2001; Verrolot et al., 2017; Wan, Evers & Dresner, 2012). Eine zu große Variantenvielfalt kann den Kunden verwirren (Dorostkar-Ahmadi & Shafie-Nikabadi, 2018).

Komplexität: Produktportfolios mit einer hohen Anzahl von Subsystemen und starken Interdependenzen zwischen Markt und Technologie schaffen ein hohes

Maß an Komplexität (Alfieri et al., 2020). Häufig werden viele Entwicklungsprojekte für verschiedene Teile des Produktportfolios angegangen. Dies kann dazu führen, dass Projekte zu wenig Ressourcen erhalten und infolgedessen die Zeit bis zur Marktreife zu hoch wird (Cooper & Sommer, 2020).

Wissen in der Produktentwicklung: Die Literatur zeigt das Sammeln und Verarbeiten von externem Wissen für die Produktentwicklung als Herausforderung auf (McNally et al., 2013). Ein unzureichender Wissensstand erschwert die Bewertung von Produktchancen und führt dazu, dass Ressourcen für einzelne Projekte nicht bedarfsgerecht zugewiesen werden können (Doorasamy, 2015). Wird Produktportfoliomanagement im Extremfall ohne fundierte Datennutzung durchgeführt, kann dies zu einer Explosion des Produktportfolios, zu Kannibalisierungseffekten oder finanziellem Misserfolg führen (Hannila et al., 2019). Eine verteilte Datenbasis kann dazu führen, dass Produktentwickelnde neue Produkte entwerfen, anstatt sich auf bestehende technische Lösungen aus dem Produktportfolio zu stützen. Um dieses Potenzial zu heben, bedarf es eines einheitlichen Wissensmanagements, um die Verwendung von eigenen Referenzen zu fördern (Lahtinen et al., 2021).

Messung und Entscheidungsfindung: Die Entscheidungsfindung, welche Projekte umgesetzt oder eingestellt werden sollen, in Einklang mit der strategischen Planung des Produktportfolios zu bringen, stellt eine zentrale Herausforderung dar. Laut einer Studie von Barczak et al. (2009) scheitern 58 % der Entwicklungsprojekte aufgrund von Fehlentscheidungen in der frühen Entwicklungsphase (Barczak et al., 2009; Cooper & Sommer, 2020). Führungsteams berichten, dass es häufig keine seriösen Kriterien für eine „Go/Kill“-Entscheidung gibt und infolgedessen keine gezielten Entscheidungen über die Anzahl und Priorität von Projekten getroffen werden können (Doorasamy, 2017). Lahtinen et al. (2021) erachten es daher als für eine fundierte Entscheidungsbasis zielführend, KPIs für die Weiterentwicklung breit zu betrachten (Lahtinen et al., 2021). Hinzu kommt, dass die zunehmende Volatilität des Marktes die Investitionsentscheidungen für Entwicklungsprojekte erschwert (Cooper & Sommer, 2020). Die stetig steigende Anzahl und Komplexität der Produkte erzeugt eine Vielzahl von Variablen, welche eine komplexe Modellierung für „Go/Kill“-Entscheidungen erforderlich machen (Dash et al., 2018).

Produktportfolio-Management-Aufwand: Für Unternehmen stellt insbesondere der verbundene Aufwand von Produktportfolio-Management-Ansätzen eine zentrale Herausforderung dar. Zahlreiche theoretische Ansätze finden aufgrund ihrer Komplexität in Unternehmen keine Anwendung (Jugend & Da Silva, 2014). Nach Verrolot et al. (2017) werden das Konzept des Produktportfolio-Managements sowie die Unterscheidung zum Produktmanagement in vielen Unternehmen nicht rich-

tig verstanden und umgesetzt (Verrollet et al., 2017) oder die Methodik bei Portfolioentscheidungen schlichtweg vernachlässigt (Jugend et al., 2015). Der Aufwand zur Integration von Produktportfolio-Management-Ansätzen ist in größeren Unternehmen gegenüber kleineren Unternehmen nach Jugend et al. (2016) häufig höher, da z.B. mehrere Abteilungen beteiligt sind.

Überwachung des Produktlebenszyklus: Die Überwachung des Produktlebenszyklus wird in den späteren Phasen vernachlässigt, was sich negativ auf die gesamte Bilanzierung des Produktes auswirkt (Lahtinen et al., 2021). Darüber hinaus können die Lebenszykluskosten in der frühen Phase der Produktentwicklung nur schwer abgeschätzt werden (Hannila et al., 2019). Einen maßgeblichen Faktor für die Lebenszykluskosten stellt die Produktvielfalt dar. Eine entsprechend größere Produktvielfalt führt in der Regel zu höheren Kosten (Kuffer & Brecht, 2012).

Neue Technologien: So stellt beispielsweise die digitale Transformation und deren Auswirkungen auf die Produkte eine zentrale Herausforderung bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios dar (Echterfeld & Gausemeier, 2018). Neue Technologien können dabei unternehmensextern oder -intern bspw. aus eigenen Erfindungen des Unternehmens stammen. Die zunehmende Produktkomplexität und Vernetzung neuer Technologien mit entsprechenden Fertigungsprozessen erfordern eine parallele Entwicklung von Produkt und Produktionssystem (Albers et al., 2015). Es ergibt sich der Bedarf das Portfoliomanagement über die Lebenszyklusphasen hinweg zu synchronisieren (Tolonen et al., 2015).

5.2.2.5 Strategien zur Bewältigung von Herausforderungen (V)

Nach Porter (1980) gibt es zwei grundlegende Strategien, um als Unternehmen am Markt erfolgreich zu sein und nicht undefiniert zwischen erfolgreichen Produkten stecken zu bleiben ("stuck in the middle"): Differenzierung oder Kostenführerschaft (Kuffer & Brecht, 2012; Porter, 1980). Dabei zeigt sich das Produktportfoliomanagement gegenüber der Entwicklung einzelner Produkte anspruchsvoller, da mehrere Produkte gleichzeitig berücksichtigt werden müssen (Ma, 2016). Zur strategischen Steuerung von Produktportfolios werden verschiedene Ansätze verwendet: Beispielsweise die horizontbasierte Priorisierung (kurzfristige Horizonte sind meist finanziell motiviert, langfristige strategisch) (Jugend & Leoni, 2015), Priorisierung nach Losgrößen (Rodado et al., 2016), Standardisierung im Sinne modularer Plattformarchitekturen (Shafiee et al., 2017). Formalisierung ist dabei insbesondere bei der Bewertung von Produkten über standardisierte Verfahren und Metriken von zentraler Relevanz (Jugend et al., 2016). Um der steigenden Komplexität von Produktportfolios zu begegnen, werden mathematische Optimierungsverfahren benötigt (Takami et al., 2016) wie

beispielsweise von Goli et al. (2019). Im Hinblick auf die Digitalisierung von Produktportfolios schlagen Echterfeld und Gausemeier (2018) einen Prozess mit vier Phasen vor, welcher etablierte Methoden wie Szenariotechnik, Kundennutzenanalysen und Roadmaps aufgreift (Echterfeld & Gausemeier, 2018). Methoden des strategischen Variantenmanagements können als Steuerungs- und Kontrollinstrumente für die Weiterentwicklung von Produktportfolios eingesetzt werden (Oster et al., 2014). Die zentrale Prämisse im Variantenmanagement ist, die optimale Anzahl von Produktvarianten zu bestimmen (Schuh et al., 2016). Beispielsweise kann mit dem „Regret minimization approach“ nach Esmaeili und Arjmand (2019) der wahrscheinliche Verlust aller Portfoliokombinationen errechnet werden, um das Portfolio mit dem geringsten erwarteten Verlust zu identifizieren (Esmaeili & Arjmand, 2019).

5.2.3 Zwischenfazit zur Systematischen Literaturrecherche

Um die Sichtweise aus der Praxis anhand der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) um die Sichtweise der Literatur zu komplementieren, wurde mittels einer systematischen Literaturrecherche der aktuelle Stand der Literatur untersucht. Es wurden Suchfelder für die Weiterentwicklung von Produktportfolios ausgearbeitet, welche das Portfoliomanagement auf prozessualer wie beschreibender Ebene, die Hauptaufgaben der strategischen Produktplanung und die Entwicklung auf Basis von Referenzen im Sinne des Modells der SGE - Systemgenerationsentwicklung aufgreifen (vgl. Abbildung 5.9). Mithilfe eines Suchstrings konnten in einem mehrstufigen Bewertungsverfahren ausgehend von 1429 Artikeln 43 relevante Artikel identifiziert werden. Die Ergebnisse der Literaturrecherche zeigen, dass unter Verwendung des angegebenen Suchstrings in der Scopus-Datenbank kein Ansatz identifiziert werden konnte, der die Kriterien eines übergreifenden Beschreibungs- und Prozessmodells für das Produktportfoliomanagement, strategische Planungsaktivitäten und die Nutzung von Referenzen gemeinsam erfüllt.

Mithilfe der Ergebnisse der Literaturrecherche lassen sich bestehende Herausforderungen aus der Interviewstudie I bestätigen sowie weitere Herausforderungsfelder ableiten. Die Herausforderungen lassen sich in vier Cluster unterteilen: (1) Struktur des Produktportfolios, (2) auslösende Kräfte für die Weiterentwicklung des Produktportfolios, (3) Prozess der Produktportfolioentwicklung, (4) interne und externe Herausforderungen. Die Strategien zur Bewältigung von Herausforderungen werden in Cluster (5) zusammengefasst. Die Erweiterung der Herausforderungen sowie die identifizierten Ansätze aus der systematischen Literaturrecherche stellen wiederum Referenzen für die Erarbeitung eines Ansatzes zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios dar und dienen damit als Input für das in Kapitel 6 und 7 entwickelte Beschreibungs- und Vorgehensmodell.

5.3 Ontologie für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios

Eine einheitliche Sprachbasis ist ein zentraler Baustein für die erfolgreiche Entwicklung von Methoden (Eckert, Maier & McMahon, 2005; Meluso, Austin-Breneman & Uribe, 2020). Misskommunikation bei der Weiterentwicklung von Produkten kann zu Verzögerungen und Fehlern bis hin zum Scheitern des Entwicklungsprojektes führen (Eckert et al., 2005). Daher ist es das Ziel der nachfolgenden Studie, als Grundlage für die Entwicklung einer Systematik ein gemeinsames Verständnis der Bedeutung von Begriffen für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios zwischen verschiedenen Akteuren zu schaffen (Studer & Ehrig, 2006).

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel et al., 2023c).

5.3.1 Vorgehen zur Ontologie Erstellung

Die Erarbeitung einer gemeinsamen Ontologie basiert auf den Sprachkonzepten der strategischen Produktplanung nach Gausemeier et al. (2019) sowie des Modells der SGE - Systemgenerationsentwicklung nach Albers und Rapp (2022) (vgl. Kapitel 3.3). Impulse aus der Praxis werden bei der Erstellung berücksichtigt, jedoch nicht explizit in der Ontologie aufgegriffen.

Spezifisch soll im Rahmen der Studie eine informelle, domänenspezifische und aufgabenorientierte Ontologie erstellt werden. Dabei wird dem Verständnis einer Ontologie nach Gruber Thomas R. (1995) gefolgt. Dem Verständnis folgend, ist eine Ontologie eine explizite, formale Spezifikation der Konzeptualisierung einer abgegrenzten Diskursdomäne für einen bestimmten, von einer Gruppe von Akteuren vereinbarten Zweck (Gruber Thomas R., 1995). Weiterführend stellt die Konzeptualisierung eine Reihe von informellen Regeln dar, die von einer Person verwendet werden, um die relevanten Elemente und Beziehungen zu beschreiben (Guarino, 1997).

Das Vorgehen bei der Entwicklung der Ontologie ist in Abbildung 5.10 aufgezeigt und orientiert sich an der Vorgehensweise bei der Entwicklung von Ontologien im Engineering-Design-Kontext nach Ahmed, Kim und Wallace (2007).

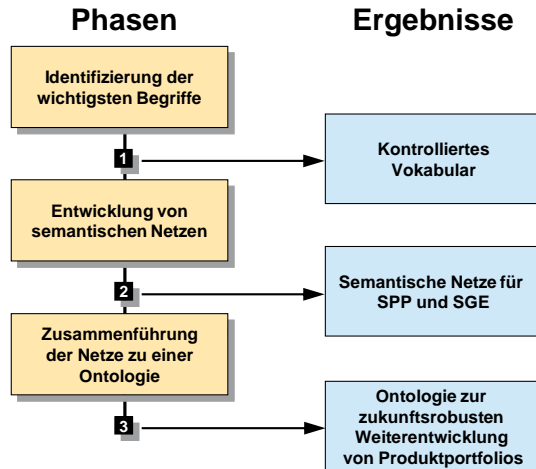


Abbildung 5.10: Vorgehen bei der Entwicklung einer Ontologie zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios in Anlehnung an Ahmed et al. (2007). Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023c).

Schritt 1: Im ersten Schritt werden mittels Data Mining die häufig verwendeten Begriffe in den beiden Domänen der strategischen Produktplanung und der SGE – Systemgenerationsentwicklung herausgearbeitet. Mittels der Data Mining Analyse werden initial über 1500 Begriffe als Ausgangsbasis aufgegriffen. Um ein kontrolliertes Vokabular zu erhalten, werden sprachliche Mängel beseitigt und Synonyme zusammengeführt.

Schritt 2: Das entwickelte, kontrollierte Vokabular wird um Beziehungen zwischen den Begriffen erweitert. Hierzu wurde das kontrollierte Vokabular in Taxonomien und damit eine hierarchische Strukturierung der Begriffe überführt. Diese konnten durch assoziative Beziehungen erweitert werden. Abschließend wurden in Schritt zwei für beide Domänen semantische Netze aufgebaut.

Schritt 3: Entsprechend dem übergreifenden Ziel, eine einheitliche Sprachbasis zu schaffen, werden die semantischen Netze zu einer ersten einheitlichen Ontologie zusammengeführt. Dazu wurden wechselseitige Beziehungen, Varianten und konkurrierende Begriffe der einzelnen semantischen Netze herausgearbeitet. Nach einer Verfeinerung und Diskussion der Schnittstellen konnte im letzten Schritt eine einheitliche Ontologie entwickelt werden (vgl. Luft, 2022).

5.3.2 Identifikation häufiger Begriffe mittels Data Mining

Aus der Interviewstudie I in Kapitel 5.1 geht hervor, dass ein Beschreibungsmodell sowie ein Vorgehensmodell benötigt werden. Entsprechend der Grundhypothese aus Kapitel 3.3 werden das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung und die strategische Produktplanung aus dem Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen als Ausgangsbasis aufgegriffen (Albers & Rapp, 2022; Gausemeier et al., 2019). Nachstehend werden die Vorarbeiten aus beiden Bereichen mittels Data Mining auf häufig verwendete Begriffe und Gemeinsamkeiten untersucht. Die Begriffe dienen als Startpunkt für die Erarbeitung der Ontologie. Der Begriff „SGE – Systemgenerationsentwicklung“ wurde mit Albers und Rapp (2022) eingeführt, daher wird in der Data Mining Analyse aus dem Jahr 2021 von „PGE – Produktgenerationsentwicklung“ gesprochen.

Tabelle 5.5: Vorarbeiten aus der strategischen Produktplanung und dem Modell der PGE - Produktgenerationsentwicklung

| Modell der PGE | Strategische Produktplanung |
|--|-----------------------------|
| (Albers et al., 2015) | (Gausemeier et al., 2016) |
| (Albers, Behrendt, Klingler & Matros, 2016) | (Amshoff, 2016) |
| (Albers, Bursac, Heimicke, Walter & Reiss, 2017) | (Dülme, 2018) |
| (Albers, Bursac, Marthaler et al., 2017) | (N. Echterhoff, 2014) |
| (Albers, Bursac & Rapp, 2017) | (B. Echterhoff, 2018) |
| (Albers, Dumitrescu et al., 2018) | (Frank et al., 2020) |
| (Albers, Haug et al., 2016) | (Gausemeier et al., 2019) |
| (Albers, Rapp et al., 2017) | (Gausemeier et al., 2017) |
| (Albers et al., 2019) | (Gausemeier & Plass, 2014) |
| (Albers, Reiss, Bursac & Richter, 2016) | (Iwanek, 2016) |
| (Arslan, Bursac, Killer & Albers, 2018) | (Köster, 2013) |
| | (Kühn, 2016) |
| | (M. Lehner, 2014) |
| | (A.-C. Lehner, 2016) |
| | (Mittag, 2019) |
| | (Massmann et al., 2019) |
| | (Peitz, 2014) |
| | (Reymann, 2012) |
| | (Söllner, 2016) |
| | (Wall, 2015) |
| | (Westermann, 2017) |

Die gemeinsamen Wortpaare bieten einen Ansatzpunkt, um die Forschungsbereiche zu verknüpfen. Hierzu werden die häufigsten Wortpaare der beiden Bereiche als Verbindungselemente zwischen den Untersuchungsfeldern herausgearbeitet. Die Abbildung 5.11 zeigt die häufigsten Wortpaare aus den beiden Bereichen.

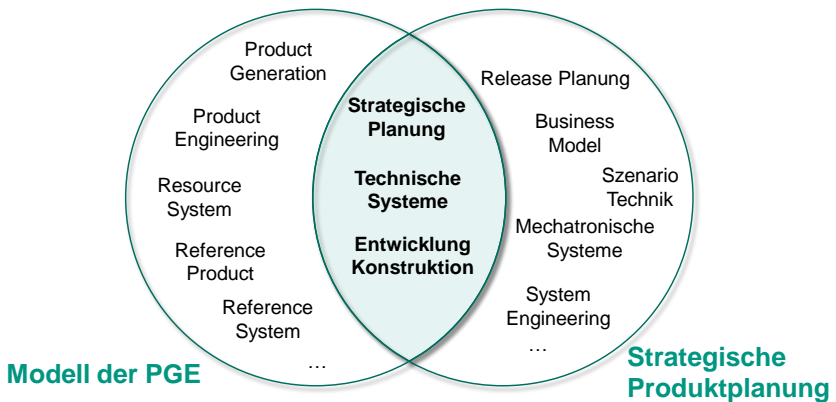


Abbildung 5.11: Das Diagramm zeigt die Schnittmenge der jeweils häufigsten, gemeinsamen Nennungen von Wortpaaren aus den Vorarbeiten der PGE sowie der strategischen Produktplanung.

Zu beachten ist, dass die gemeinsame Verwendung der Begriffe lediglich einen Indikator für eine mögliche Verbindung darstellt. Über den inhaltlichen Zusammenhang der Begriffe aus den Vorarbeiten kann mithilfe des Data Mining keine Aussage getroffen werden, da lediglich die Häufigkeit der Nennung betrachtet wird, nicht aber die semantische Beziehung der Begriffe zueinander.

5.3.3 Gemeinsame Ontologie

Um Methoden für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios zu entwickeln, welche in die Praxis transferiert werden können, ist eine einheitliche Ontologie erforderlich, welche über die beiden semantischen Netze der jeweiligen Forschungsbereiche hinaus eine konsistente Begriffswelt schafft.

Ein erstes, eigenständiges Zwischenergebnis stellen die jeweiligen semantischen Netze für den Bereich der strategischen Produktplanung (SPP) sowie der Systemgenerationsentwicklung dar. Das semantische Netz der strategischen Produktplanung ist entlang der Hauptaufgaben strukturiert. Abbildung 5.12 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt der Ontologie für die Unterelemente des

Produktprogramms und der Produktideen. Das semantische Netz der SGE basiert im Kern auf dem Innovationsverständnis nach Albers und Heimicke et al. (2018). Abbildung 5.12 zeigt einen Ausschnitt aus den Elementen der Innovationsgleichung. Die Elemente, die in beiden Bereichen auftauchen, sind in Abbildung 5.12 und Abbildung 5.13 in rot hervorgehoben. Die Elemente aus dem Bereich der SPP sind in Abbildung 5.12 in blau und die Elemente aus dem Bereich der SGE in Abbildung 5.13 in grün dargestellt. Die jeweiligen Ontologien sind in den Forschungsdaten nach Schlegel (2026b) in editierbarem Format und vollständig einsehbar hinterlegt (<https://doi.org/10.35097/3ev0fewvnxuj1pg8>).

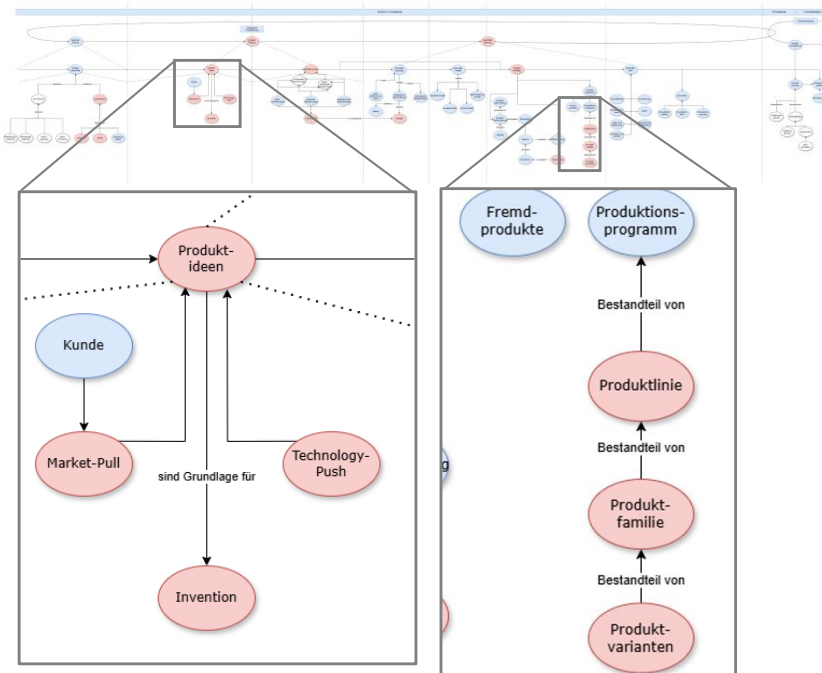


Abbildung 5.12: Semantisches Netz der strategischen Produktplanung. Die Schnittstellen mit dem Modell der SGE sind rot eingefärbt. Elemente der strategischen Produktplanung blau. Übersetzte Darstellung aus Schlegel et al. (2023c).

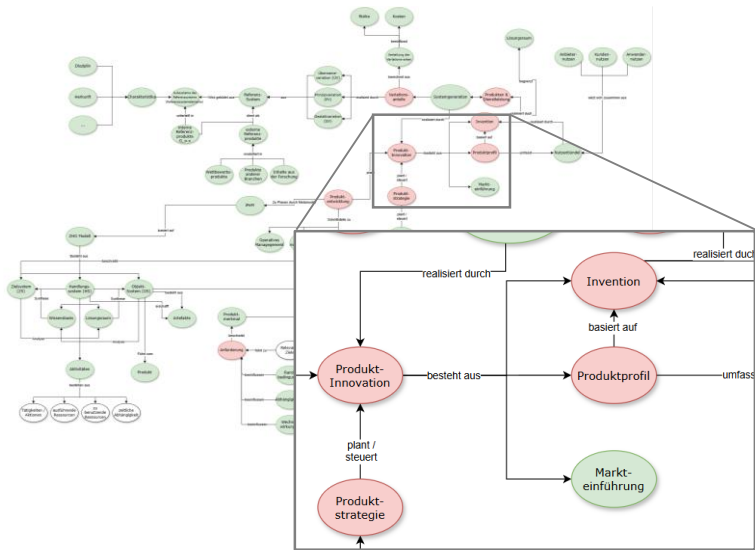


Abbildung 5.13: Semantisches Netz des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung. Schnittstellen mit der strategischen Produktplanung sind rot eingefärbt. Elemente der SGE grün. Übersetzte Darstellung aus Schlegel et al. (2023c).

Gemeinsame Ontologie zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios

Ziel der Ontologie ist es, die Übertragbarkeit der Begriffe sowie einen einheitlichen Sprachgebrauch sicherzustellen. Hierzu erfolgt die Zusammenführung der semantischen Netze unter Berücksichtigung der Analyse der in der Praxis des Produktportfoliomanagements verwendeten Sprache anhand der Erkenntnisse aus der Interviewstudie I (Kapitel 5.1).

Die gemeinsame Ontologie ist in Abbildung 5.14 dargestellt. Die Ontologie lässt sich in verschiedene Bereiche unterteilen. Diese einzelnen Bereiche sind über Relationen eng miteinander verknüpft. Die Darstellung wird aufgrund der Komplexität und der großen Anzahl von Elementen in einer fraktalen Ansicht mittels Überschriften der einzelnen Bereiche abgebildet.

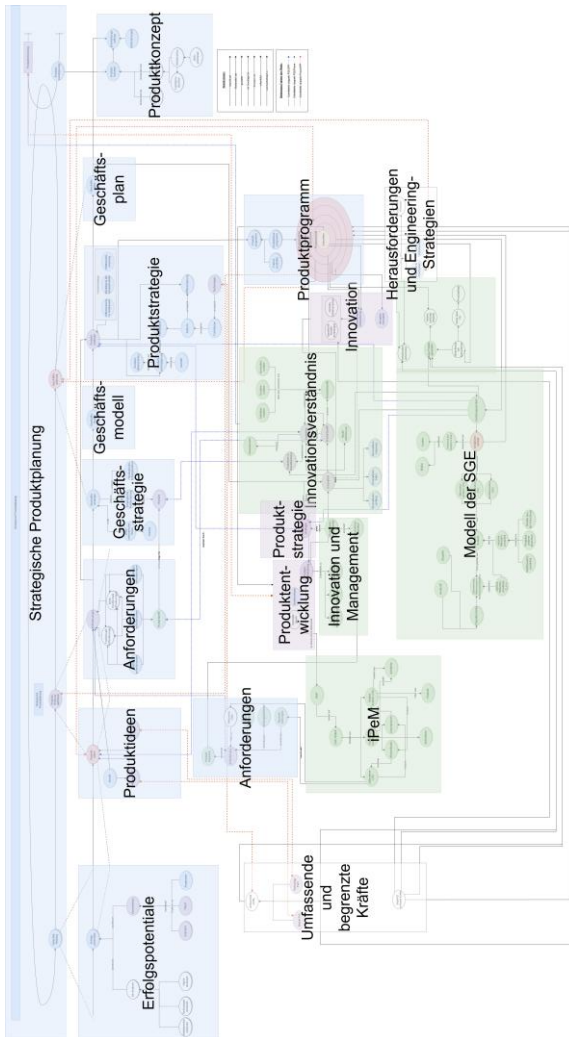


Abbildung 5.14: Ontologie zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Blau: SPP-Elemente, Grün: SGE-Elemente, Weiß: Aspekte aus Interviewstudie I und Rot: Schnittstellen von SGE und SPP. Übersetzte Darstellung aus Schlegel et al. (2023c). Vollständige Darstellung in den Forschungsdaten nach Schlegel (2026b) (<https://doi.org/10.35097/3ev0fewnrxuj1pg8>).

Besondere Beachtung finden die Elemente, welche die Verbindung zwischen den beiden semantischen Netzen darstellen und somit zentrale Begriffe bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios darstellen (in Abbildung 5.14 rot dargestellt). Zu beachten ist, dass nicht nur durch die Verwendung gleicher Wörter Missverständnisse entstehen können. Eine besondere Herausforderung stellt die Identifikation von verschiedenen Begriffen, welche sich auf ähnliche Elemente beziehen, dar. Exemplarisch werden im Folgenden drei Beispiele vorgestellt:

(I) Der Begriff „Innovation“

Im allgemeinen Sprachgebrauch in Unternehmen wird Innovation häufig synonym für „neue Produkte“ verwendet. Nach dem Innovationsverständnis im Kontext der SGE setzt sich jede Innovation aus einem Produktprofil, einer Invention und einer erfolgreichen Markteinführung zusammen (Albers, Heimicke et al., 2018). Im Rahmen der strategischen Produktplanung wird weiter zwischen verschiedenen Innovationsformen unterschieden (vgl. Kapitel 2.1). Die verschiedenen Innovationsformen lassen sich in allen Fällen auf die Grundelemente einer Innovation, entsprechend der Innovationsgleichung nach Albers und Heimicke et al. (2018), zurückführen. So wird für die Ontologie das Innovationsverständnis nach Albers und Heimicke et al. (2018) zugrunde gelegt.

(II) Der Vergleich von Produktprofil und Entwicklungsauftrag:

Das Referenzmodell der strategischen Produktplanung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen sieht den Entwicklungsauftrag als Artefakt in der frühen Phase der Produktentwicklung im Übergang von der strategischen Produktplanung in die Produktentwicklung (Wiederkehr et al., 2014). Auch im Kontext der SGE existiert in der frühen Phase der Produktentwicklung ein ähnliches Artefakt, das Produktprofil (Albers, Heimicke et al., 2018). Die Gegenüberstellung von Produktprofil und Entwicklungsauftrag zeigt, dass die beiden Artefakte aufeinander aufbauen (Tröster, Daiying, Schlegel, Rapp & Albers, 2022). Daher können diese beiden Artefakte der frühen Phase der Produktentwicklung in der Ontologie nicht synonym verwendet werden.

(III) Die Begriffe „Komponente“ und „Subsystem“

Ein Begriff, der über die Berücksichtigung des Sprachgebrauchs in Unternehmen spezifiziert wurde, geht zurück auf die inkonsistente Verwendung des Begriffs „Komponente“ über Unternehmen hinweg. Im Rahmen der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) stellt für ein Unternehmen beispielsweise das kleinste Element im Portfolio die Komponente dar. Für seine Zulieferer jedoch stellen Komponenten des OEM wiederum einzelne Produktvarianten dar, die als Systeme gehandhabt und wiederum in Kom-

ponenten unterteilt werden. Um eine Übertragbarkeit auf verschiedene Unternehmen unabhängig des Beitrags zur Systemebene zu gewährleisten, wird daher in der Ontologie der fraktale Begriff „Subsystem“ verwendet.

5.3.4 Zwischenfazit zur Ontologie

Bei der Entwicklung und Zusammenführung der semantischen Netze in eine gemeinsame Ontologie wurden drei Schnittstellenelemente tiefer diskutiert: (I) Innovationsbegriff, (II) Produktprofil und Entwicklungsauftrag sowie (III) die Begriffe „Komponente“ und „Subsystem“ und über eine Diskussion in ein eindeutiges Verständnis überführt, welches bei der Entwicklung von Methoden und Prozessen der teilweise heterogenen Verwendung von Terminologie entgegenwirkt. Die erarbeitete Ontologie stellt lediglich eine initiale Grundlage dar. Der Sprachgebrauch entwickelt sich parallel zu neuen Herausforderungen und korrelierenden Unterstützungsansätzen kontinuierlich weiter. Die erarbeitete Ontologie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern fokussiert sich bewusst auf die Grundbegriffe von SGE und SPP. Je nach Anwendungsfeld muss die gezeigte Ontologie um weitere Ansätze und deren Begrifflichkeiten erweitert werden. Die synthetisierte Ontologie bietet damit eine Grundlage für die Entwicklung neuer Modelle und Methoden für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios, welche für eine effiziente Kommunikation zwischen allen an der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios beteiligten Akteuren unerlässlich ist.

5.4 Interviewstudie II – Vertiefende Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Unternehmenspraxis

Im nachfolgenden Kapitel wird aufbauend auf der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) sowie unter Berücksichtigung aktueller Herausforderungen und Ansätze aus der Literatur (Kapitel 5.2) eine zweite vertiefende Interviewstudie durchgeführt.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel, Just, Wiederkehr et al., 2024).

Ziel der zweiten Interviewstudie ist es, das Vorgehen bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios in Unternehmen näher zu untersuchen. Aufbauend auf den grundlegenden Mechanismen der ersten Interviewstudie werden spezifische Probleme und Herausforderungen in einzelnen Teilschritten der Weiterentwicklung herausgearbeitet und kontextualisiert. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dazu beitragen, einen unterstützenden Ansatz für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios gestalten zu können.

Dazu wurden zwei Leitfragen (LF) formuliert:

LF1 – Vor welchen Herausforderungen und Problemen stehen Unternehmen bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios?

LF2 – Welche konkreten Bedürfnisse für einen unterstützenden Ansatz lassen sich aus dem erweiterten Verständnis ableiten?

5.4.1 Methodisches Vorgehen

Die gestellten Leitfragen sollen mittels einer Interviewstudie mithilfe eines semi-strukturierten Interviewleitfadens mit insgesamt zehn Expertinnen und Experten aus verschiedenen Industriebereichen beantwortet werden. Die Schritte der Erstellung des Interviewleitfadens sowie der Auswertung der Interviews wurden in Anlehnung an Mayring (2015) durchgeführt und in Abbildung 5.15 aufgezeigt.

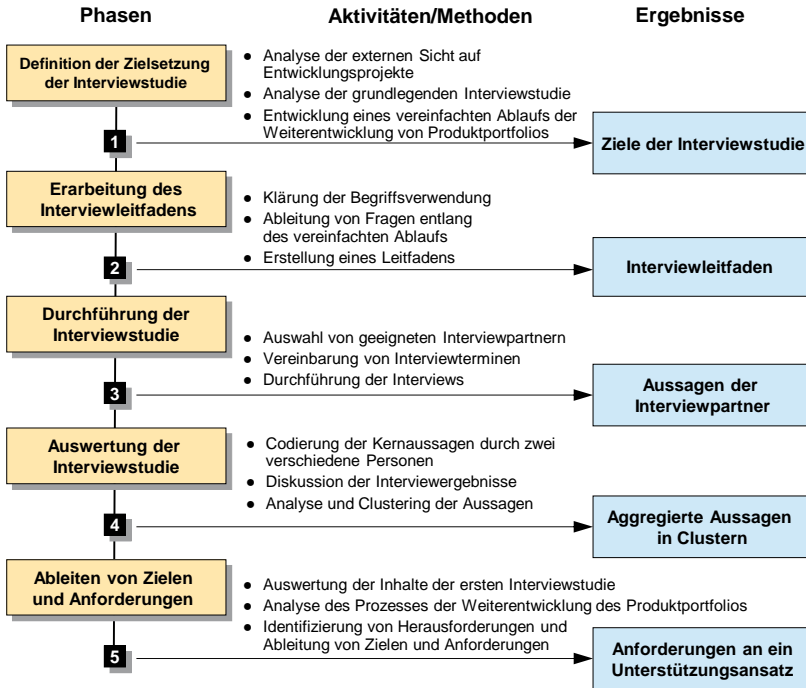


Abbildung 5.15: Vorgehen zur vertiefenden Interviewstudie II. Darstellung adaptiert nach Schlegel, Just und Wiederkehr et al. (2024).

Die Ergebnisse aus der ersten Interviewstudie (Kapitel 5.1) werden im ersten Schritt zur Ableitung der Zielsetzung der zweiten Interviewstudie wieder aufgegriffen. Im zweiten Schritt werden die abgeleiteten Ziele in einen Interviewleitfaden überführt. Der Interviewleitfaden orientiert sich an einem vereinfachten Modell der Weiterentwicklung von Produktportfolios basierend auf den Erkenntnissen der ersten Interviewstudie (Kapitel 5.1). Im dritten Schritt wird der Interviewleitfaden in zehn semi-strukturierten Interviews mit Expertinnen und Experten angewendet und Aussagen zur Weiterentwicklung des Produktportfolios erfasst. In Schritt vier werden die Aussagen der Expertinnen und Experten über die verschiedenen Interviews hinweg geclustert und unter Zuhilfenahme des vereinfachten Weiterentwicklungsprozesses für Produktportfolios thematisch strukturiert. Auf Basis der Cluster und der Verknüpfungen zwischen Aussagen werden im nächsten Schritt Ziele und Anforderungen an eine zu entwickelnde Unterstützung für die

zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios aus Sicht der Praxis abgeleitet.

In der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) wurde herausgearbeitet, dass eine Weiterentwicklung immer mit einem oder mehreren Auslösern, welche eine Veränderung des Produktportfolios erfordern, beginnt. Diese Veränderung findet in Abhängigkeit des Auslösers an verschiedenen Stellen und auf verschiedenen Ebenen im Produktportfolio statt (Meyer et al., 2021). Die notwendige Anpassung von Elementen im Produktportfolio stellt Unternehmen vor Herausforderungen, denen sie mit verschiedenen Maßnahmen begegnen. Die Durchführung von Maßnahmen zur Weiterentwicklung des Produktportfolios kann wiederum weitere Variationsbedarfe hervorrufen und somit als Auslöser fungieren. Damit ergibt sich ein stark vereinfachter iterativer Prozess der Weiterentwicklung, wie er in Abbildung 5.16 gezeigt ist.

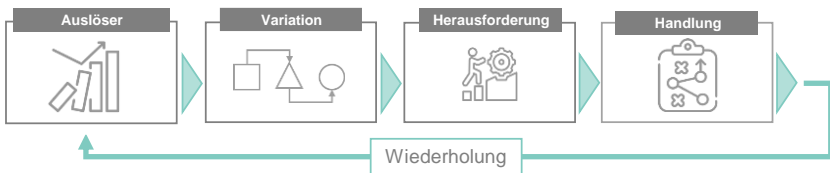


Abbildung 5.16: Vereinfachter Prozess der Weiterentwicklung von Produktportfolios auf Basis der ersten Interviewstudie. Der Prozess dient als Grundlage zur Erstellung des Interviewleitfadens für die zweite vertiefende Interviewstudie. Darstellung adaptiert nach Schlegel, Just und Wiederkehr et al. (2024).

Wichtig festzuhalten ist, dass der vereinfachte Ablauf keinen Normprozess oder idealen Ablauf einer Weiterentwicklung darstellen soll. Der vereinfachte Prozess skizziert lediglich ein generalisiertes Muster in der Weiterentwicklung, welches es ermöglichen soll, die Weiterentwicklung des Produktportfolios über mehrere Unternehmen und Interviews hinweg vergleichbar zu diskutieren. Entlang des vereinfachten Prozesses zur Weiterentwicklung von Produktportfolios wurde ein Interviewleitfaden entwickelt (Anhang C). Das Interview läuft die Schritte des vereinfachten Weiterentwicklungsprozesses ab und versucht einen Rückblick auf den Prozess der Weiterentwicklung zu gewinnen. Der Leitfaden sowie das Interview gliedern sich entsprechend in 5 Abschnitte: (i) Einleitung und Vorstellung, (ii) Aufbau und Sprachgebrauch, (iii) Auslöser und Veränderung, (iv) Herausforderungen und Handlungsoptionen und (v) Wahrnehmung des Produktportfolios. Den Befragten wurde bereits vor dem Interview eine Kurzfassung des Interviewleitfadens zur Verfügung gestellt.

Um die Anonymität der Interviewpartner zu wahren, wurde analog zu Interviewstudie I (Kapitel 5.1) die Vorstellung und Nennung der Position im Unternehmen aus dem ersten Abschnitt des Interviews ((I) Einleitung und Vorstellung) abstrahiert. Nachstehende Tabelle 5.6 zeigt eine Übersicht über die zehn Interviewteilnehmenden.

Tabelle 5.6: Anonymisierte Hintergrundinformationen zu den Expertinnen und Experten in Interviewstudie II (vgl. Schlegel, Just, Wiederkehr et al., 2024)

| Nr | Position des Interviewpartners | Produkte | Industriebereich | Mitarbeiter |
|-----|--|---|----------------------------|-------------|
| I1 | Produktmanager | Zahnriemen | Dichtung & Dämpfer | > 1.000 |
| I2 | Projektleiter Lastenaufzüge | Lösungen für Aufzüge, Produktionslogistik | Förder-technik | > 1.000 |
| I3 | Senior Projektleiter | Lager-automatisierung | Lager- und Logistiksysteme | < 1.000 |
| I4 | Bereichsleiter Strategie und Marketing | Sitze, Innenausstattung | Automotive | > 100.000 |
| I5 | Direktor für Technologieportfolio-Management | Rotorblätter für Windkraftanlagen | Windkraft | > 10.000 |
| I6 | Produktmanager | Brandmeldeanlagen | Brandmelde-systeme | > 1.000 |
| I7 | Bereichsleiter Neuentwicklung von Baugruppen | Verpackungs-maschinen | Verpackungs-technologie | > 1.000 |
| I8 | Bereichsleiter Produktmanagement | Druck-maschinen Stanz-maschinen | Druck- und Stanz-technik | > 1.000 |
| I9 | Bereichsleiter Arbeitsvorbereitung Montage | | | |
| I10 | Head of brand owner managements | | | |

5.4.2 Ergebnisse

An die Vorstellung der Interviewpartner (i) anschließend gliedern sich die Ergebnisse, analog zu den Schritten im Leitfaden, in die folgenden Unterkapitel: (ii) Aufbau und Sprachgebrauch, (iii) Auslöser und Veränderung, (iv) Herausforderungen und Handlungsoptionen sowie (v) Wahrnehmung des Produktportfolios.

(ii) Aufbau und Sprachgebrauch

Um ein gemeinsames Verständnis der Begriffe aufzubauen und einen inkonsistenten Sprachgebrauch oder Missverständnisse zu vermeiden, wurden zu Beginn die im Interview verwendeten Formulierungen und Begriffe anhand von Beispielen erläutert. Neben dem Ausräumen von Misskommunikation wurde so auch die Übertragbarkeit von Erkenntnissen aus der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) abgeprüft. Es konnte die grundsätzliche Strukturierung des Produktportfolios in Produktlinien, Produktfamilien, Produktvarianten und Subsystemen von den Befragten in allen zehn Fällen auf die jeweiligen Unternehmen übertragen werden.

Beispielsweise wurde eine Produktlinie durch eine Unternehmensgruppe (I4) oder durch verschiedene Anwendungsbereiche (I1,2,6,8,10) gebildet. Eine Produktfamilie kann über eine Plattform (I5) strukturiert werden, welche wiederum Produktvarianten und Subsysteme umfasst. Die Produktfamilien unterscheiden sich voneinander beispielsweise nach den Betriebsarten der Systeme. Die Produktvarianten stellen Konfigurationen mit unterschiedlichen Funktionsumfängen innerhalb der Produktfamilien dar (I5). Abhängig von dem Blickwinkel auf das Produktportfolio ist eine unterschiedliche Sortierung möglich (I4). Alle Interviewpartner gaben an, dass die Systeme der jeweiligen Unternehmen, welche von den Kunden als Produkte wahrgenommen werden, auf der Produktvariantenebene liegen (I1-10). Die Interviewpartner bestätigten, dass der stark vereinfachte Weiterentwicklungsprozess auch im Grundsatz dem Prozess in ihrem Unternehmen entspricht (I1-10). In der praktischen Umsetzung verlaufe der Prozess jedoch nicht immer durchgehend und strikt sequenziell. Interviewpartner 4 betonte zudem, dass der Innovationsprozess in seinem Unternehmen oft durch die Erfahrung des Managements angestoßen wird und dass es keinen formalen Prozess gibt. Die einzelnen Schritte werden auf Grundlage von Erfahrung und Fachwissen bewertet. Es fehlt ein analytischer Schritt, der Veränderungen systematisch erfasst und Gründe zusammenführt (I4).

(iii) Auslöser und Veränderung

Die Auslöser für Veränderungen im Produktportfolio wurden in Anlehnung an die Interviewstudie I (Kapitel 5.1) in sechs Clustern zusammengefasst: (1) Megatrends, (2) Kundenanforderungen, (3) Neue Technologien, (4) Markt-/Branchenwandel, (5) Wettbewerbsdruck und (6) gesetzliche Vorgaben.

Als grundlegende Auslöser werden in den Interviews **Megatrends** genannt (I3,4,8,10), Beispiele hierfür sind E-Commerce und Nachhaltigkeit (I8,10). **Kundenanforderungen** stellen einen zentralen Auslöser für Weiterentwicklungen dar (I1,2,3,5,6,7,8). Die Interviewstudie zeigt zwei Ansätze zur Ermittlung der Kundenanforderungen. Bei dem reaktiven Ansatz wird lediglich auf Kundenanforderungen reagiert (I6). Demgegenüber steht der proaktive Ansatz, welcher mithilfe von Branchenanalysen versucht, aktiv neue Anwender- und Kundennutzen zu identifizieren, ohne dass eine unmittelbare Nachfrage eines Kunden vorliegt (I5,6,8). In dem Prozess bezieht Interviewpartner 2 beispielsweise Lead User, Monteure und Service sowie Stimmen aus der Öffentlichkeit ein. Es werden auch aktiv Gespräche mit den Kunden der Kunden gesucht, um die Entwicklung der Kundenbedürfnisse zu antizipieren (I8,9). Auch **neue Technologien** stellen Treiber für die Weiterentwicklung des Produktportfolios dar, wie beispielsweise Veränderungen bei den Werkstoffen (I5,6). Die technologische Weiterentwicklung findet in diesem Fall in erster Linie auf der Ebene der Subsysteme statt (I6). Das Cluster **Markt-/Branchenwandel** thematisiert die regionalen und zeitlichen Veränderungen der Marktanforderungen (I2,5) sowie Schwankungen bei Rohstoffpreisen und deren Verfügbarkeit (I1). Der **Wettbewerbsdruck** stellt einen zentralen Treiber für die Weiterentwicklung des Produktportfolios dar. Um mit der Leistungsfähigkeit und den Kosten der Konkurrenz mitzuhalten, ist eine aktive Weiterentwicklung des Produktportfolios notwendig (I1,4,6,8). **Gesetzliche Vorgaben** stellen hohe Anforderungen an die Entwicklung von Produkten, wie beispielsweise an die Zertifizierung von Dialysemaschinen, welche sich jedoch regional stark unterscheiden (I1,2,4,6,8). In manchen Fällen können Gesetzgebung und Normung technische Erfindungen ausbremsen (I6). In anderen Fällen können gesetzliche Vorgaben nicht nur als passive Einschränkung für Innovationen gesehen werden, sondern auch als Motor für Innovationen, beispielsweise durch die aktive Mitarbeit in Normungsgremien (I2,6).

Die hohe Varianz bei den Auslösern kann eine ebenso große Spanne an Variationen herbeiführen. Die Veränderung kann dabei variieren von der Anbringung einer Schraube bis zur Umgestaltung von kompletten Systemen (I7). Übergreifend wird bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios versucht, die Anpassung so gering wie möglich zu halten, um das Risiko bei der Entwicklung gering zu halten (I2,3,4,7). Das Unternehmen versucht, möglichst das Portfolio nicht komplett umzustellen, sondern lediglich gezielt Schwerpunkte zu setzen (I3,8).

Nach Aussage der Interviewpartner wird innerhalb der Weiterentwicklung zwischen **verschiedenen Umfängen an Veränderung** differenziert. Eine eindeutig operationalisierbare Veränderung, z.B. die Optimierung eines Gewindes auf Subsystemebene, wird ohne größere Entscheidungsprozesse sofort umgesetzt (I3,4,7). Hier handelt es sich um naheliegende **Optimierungen**.

Umfangreichere Veränderungen werden als **Weiterentwicklung von bestehenden Elementen** im Produktportfolio bezeichnet (I4,7). Hervorzuheben ist, dass grundsätzlich auch bei der Weiterentwicklung von Produkten im Portfolio diese Produkte nicht neu entwickelt werden (I3,4). Der Umfang der Veränderung wird bewusst eher konservativ gehalten, z.B. Designanpassungen oder die Optimierung einzelner Funktionen. Die Umsetzung dieser Anpassung erfolgt projektbezogen und in festen Zyklen und wird durch ein definiertes Gremium gesteuert (I7).

Produkte, welche ohne unmittelbaren Vorgänger im Portfolio aufgenommen werden, werden als **neue Produkte wahrgenommen**. Auch die Entwicklung dieser neuen Produkte basiert auf der Grundlage bestehender Produkte und Subsysteme (I3,4). Hohe Neuentwicklungsanteile führen zu längeren Entwicklungszeiten und erfordern einen Projektablauf mit einer Prozesskette über verschiedene Domänen: Management, Produktentwicklung und Vertrieb (I7). Wichtig ist dabei die Überprüfung des Strategie-Fits (I10). Die strategische Ausrichtung fungiert übergeordnet und die Veränderung des Portfolios wird nur in Angriff genommen, wenn die geplante Veränderung mit der Unternehmensstrategie vereinbar ist (I5). Die strategische Betrachtung allein reicht jedoch nicht aus, zusätzlich sollte auch in Richtung der Subsysteme sowie der zugehörigen Produktionssysteme (I1) die technische Machbarkeit abgeschätzt werden, da die Technologieentwicklung selbst auf der Subsystemebene stattfindet (I5). In enger Abstimmung mit der Entwicklungsabteilung erfolgt daher eine Bewertung der technischen Machbarkeit bspw. mithilfe von Prototypen (I2).

(iv) Herausforderungen und Handlungsoptionen

Die Interviewpartner benennen eine Vielzahl von miteinander verknüpften Herausforderungen bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios. Als zentrale Herausforderung wird das zunehmend volatile Umfeld genannt. Beispielsweise galt nach Aussage des Interviewpartners 8 eine Prognose früher für ca. sechs Jahre, heute nur noch für ca. zwei Jahre, da immer mehr und schnellere Veränderungen stattfinden (I8). Weiter ändern sich Vorschriften je nach Branche innerhalb weniger Monate (I1), und auch Rohstoffverfügbarkeit und Lieferanten ändern sich erheblich (I1). Aufgrund der Vielzahl an Veränderungen im Umfeld stellt die Einordnung, welche Veränderungen im Umfeld einen Auslöser zu Handlung darstellen und welche nicht, eine weitere Herausforderung dar (I8).

Die Etablierung von angepassten Prozessen stellt eine **organisatorische Herausforderung** dar. Dafür werden neu abgestimmte Abläufe, Kompetenzen und Ressourcen benötigt (I2,4,5). Ebenfalls können **normative Herausforderungen** das Innovationstempo verlangsamen. Beispielsweise wenn Anträge, die für die Vermarktung des Produktes benötigt werden, erst über Zulassungsstellen beantragt werden müssen (I6). In manchen Fällen wird dann eine Übergangsphase eingeplant, bis die normativen Rahmenbedingungen wieder geschaffen sind (I6). Als weitere zentrale Herausforderung wird in der Interviewstudie der **volatile Markt genannt**. Änderungen im Produktportfolio müssen mit zunehmender Geschwindigkeit mit Kunden und Lieferanten abgestimmt werden (I6). Eng verknüpft wird die **Adressierung des Kundennutzens** durch eine angepasste technische Lösung und ein geeignetes Marketingkonzept in einem volatilen Umfeld als Herausforderung gesehen (I6). Die **technisch-wirtschaftlichen Herausforderungen** greifen das Spannungsfeld bei der Realisierung von Produkten auf, mit begrenzten Kosten die geforderten Funktionalitäten im System sowie geeignete Produktionssysteme aufzubauen (I5). Neue Systeme werden dabei nicht von Grund auf neu entwickelt, sondern so entwickelt, dass neue Technologien in bestehende Systeme integriert werden müssen (I6). Im Falle von umfangreicheren Anpassungen im Produktportfolio ist ein hoher Entwicklungsaufwand erforderlich, der unmittelbar ein hohes Risiko birgt und zu weiteren Anpassungen im Produktportfolio führen kann (I7). So führen neue Spezifikationen zu abweichenden Berechnungen, daraus resultierenden Konstruktionsanpassungen, welche wiederum eine veränderte Montage erforderlich machen und ggf. zu einer neuen Vermarktungsstrategie und Zertifizierung führen (I2). Im Rahmen der Interviews wird ebenfalls die Gefahr gesehen, dass Produkte entwickelt werden, welche die Kunden nicht haben möchten (I9). Scheitert es beispielsweise daran, den Kunden die Änderung am Produkt wahrnehmbar zu kommunizieren oder wurden Fehler bei der Umsetzung der Kundenanforderungen gemacht, kann dies dazu führen, dass das neue Produkt am Markt nicht erfolgreich sein wird (I7).

Auf Basis der Erkenntnisse der Interviewstudie ist es nicht möglich, die einzelnen Handlungsoptionen einzelnen Auslösern belastbar zuzuweisen. Daher werden nachfolgend die einzelnen Handlungsoptionen in vorausschauende, durchführende und nachbereitende Aktivitäten bei einer Produktportfolioanpassung unterteilt.

Vorausschauende Aktivitäten: Das Unternehmen von Interviewteilnehmer 9 beispielsweise versucht, die Strategie weit vorzuzudenken und bei der Umsetzung in kleinen Schritten auf das Ziel zuzugehen. Lösungen sollten bereits im Vorfeld an die Kundenanfrage konzipiert (I8) oder gemeinsam mit den Kunden angegangen werden (I5,8). Entscheidend ist, mit Maßnahmen aktiv zu antizipieren und nicht auf Auslöser für potenzielle Weiterentwicklungen zu warten (I1,8,9). Dabei ist es jedoch das

Ziel, nicht individuell auf einzelne Auslöser zu reagieren, sondern als Unternehmen einheitlich zu reagieren (18,9). Ein konkreter Prozess existierte beispielsweise bei Interviewpartner 9. Hier wird ein fünfstufiger Stage-Gate-Prozess durchlaufen: 1) Bedarfsanalyse, 2) Erstellung eines Pflichtenhefts, 3) Vergleich des Produktportfolios, 4) Machbarkeitsuntersuchung, 5) Entscheidung und Überprüfung der Strategie und des Portfolio-Fits (19). Größere Anpassungen wie z.B. ein Technologiesprung werden oft als Weiterentwicklung eines Produktes in einem Generationswechsel strategisch geplant und den externen Stakeholdern kommuniziert (12,3,4,7). Zur Bewältigung von volatilen Marktbedingungen und um Lieferantenvfügbarkeit besser zu kontrollieren, wird beispielsweise Insourcing statt Outsourcing vorgeschlagen, um eine größere Unabhängigkeit von Lieferanten zu erreichen (19). Kostenvorteile lassen sich zudem durch Größenvorteile realisieren. Insbesondere ein über Produkte hinweg ähnliches Design senkt die Kosten und erhöht das Systemverständnis bei Reparatur oder Service (18). Für Produkte mit hohem Absatzvolumen bietet Modularisierung eine Handlungsoption. Bereits in der Entwicklungsphase sollten Upgrades mitberücksichtigt werden, sodass das Produkt günstig in der Anschaffung bleibt, aber die Funktionalität auch in Zukunft gewährleistet werden kann (18,9). Bei komplexen Systemen mit geringeren Stückzahlen hingegen wird aufgrund potenzieller Fehlerquellen an den Schnittstellen nicht empfohlen zu modularisieren (110).

Durchführende Aktivitäten: Erfordert eine Anpassung viel Entwicklungsarbeit, ist diese nach Aussage des Interviewpartners 7 mit einem hohen Risiko verbunden. Es wird versucht, das Risiko mit einer Übergangsphase mittels einer schrittweisen Umstellung über einen Zeitraum von 4-6 Jahren zu vermindern (14,6,7). Weitere Handlungsoptionen bestehen beispielsweise in der Etablierung einer neuen Technologie mithilfe von Richtlinien und Normen (16) oder neuer Produkte in Pilotgruppen oder Vorserien (11,7). Insbesondere die Anpassung von Standardkomponenten sollte als besonders kritisch eingestuft werden, da diese in vielen Produkten des Produktportfolios Verwendung finden und aufgrund der hohen Vernetzung im Falle einer Fehlentwicklung große Auswirkungen haben können (17). Die Einführung sollte mit Checklisten, Meilensteinen und einem Validierungsplan begleitet und überwacht werden (14).

Nachbereitende Aktivitäten: Die Bewältigung der Herausforderung und Anpassung des Produktportfolios enden nicht mit der Markteinführung eines neuen Produktes. Es ist essentiell, im Anschluss gemeinsam mit Service und Einkauf zu analysieren, wo Probleme im Feld auftreten und welche alternativen Lösungsansätze existieren (17).

(v) Wahrnehmung des Produktportfolios.

Die Bereitschaft von Kunden eines Unternehmens, neue Entwicklungen zu adaptieren, variiert je nach Zielgruppe (17). Größere Veränderungen werden bevorzugt anpassungswilligen Kunden aktiv angeboten und bewusst als neue Generation vermarktet (14). Bereits früh in der Entwicklung von neuen Produkten werden ausgewählte Kunden über aktuelle und geplante Entwicklungen informiert, um sie zum Kauf zu bewegen (12,4). Gleichzeitig steht jedoch die Offenlegung von Informationen aus der Anfangsphase im Konflikt mit der Vertraulichkeit und möglichen Patenten (15).

In bestimmten Fällen kann es aber auch vom Unternehmen erwünscht sein, dass eine Anpassung des Produktportfolios nicht extern kommuniziert wird, z.B. im Falle einer Kostenoptimierung in der Produktion (14) oder weil eine Änderung auf Teilsystemebene für den Kunden schlichtweg nicht relevant ist (16). Aus Kundensicht gelten Produkthanpassungen üblicherweise erst dann als neue Generation, wenn neue Funktionalitäten hinzugefügt wurden (12). Inwiefern eine Veränderung als neue Produktgeneration wahrgenommen werden soll, kann aktiv durch das Unternehmen gesteuert werden (14). Soll der Wechsel kundenwahrnehmbar als neue Generation sichtbar werden, wird dieser Wechsel durch beispielsweise ein neues Branding, einen neuen Namen und ein gesondertes Marketing begleitet (11,2). Bei der Wahrnehmung von neuen Generationen wird zwischen interner und externer Sicht unterschieden. Intern wird beispielsweise ein System bereits als neue Generation wahrgenommen, wenn eine Entwicklung in die Vorserie geht (11,4). Besonders im B2B-Bereich wird eine Veränderung vom Endkunden und Anwendenden oft nicht wahrgenommen (14,5).

5.4.3 Zwischenfazit zur Interviewstudie II

Die vertiefende Interviewstudie II bestätigt und erweitert die Erkenntnisse der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) sowie der systematischen Literaturrecherche (Kapitel 5.2). Mittels eines vereinfachten Prozesses zur Weiterentwicklung von Produktportfolios konnten das Vorgehen und daraus resultierende Herausforderungen und Handlungsansätze tiefer analysiert werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Interviewstudie diskutiert und abschließend ein Zwischenfazit gezogen.

Struktur und Wortlaut: Die Übertragbarkeit der Portfolioebenen und deren Begrifflichkeiten aus der Ontologie (vgl. Kapitel 5.3) sowie der vereinfachte Prozess zur Weiterentwicklung wurden von allen zehn Interviewpartnern bestätigt. Es ist zu berücksichtigen, dass jedes Unternehmen einen individuellen Sprachgebrauch für die Elemente innerhalb des Produktportfolios hat und daher eine Transferhilfe,

ausgehend von einer einheitlichen Ontologie, geleistet werden muss. Weiter ist darauf hinzuweisen, dass der vereinfachte Prozess lediglich der Gestaltung der Interviewstudie dient, um einen über mehrere Interviews in mehreren Unternehmen hinweg vergleichbaren Ablauf zu ermöglichen und keinesfalls als Idealprozess für eine Weiterentwicklung zu verstehen ist.

Auslöser: Auf Basis der Ergebnisse der Interviewstudie war eine individuelle Zuordnung von Auslösern und einzelnen Strategien nicht möglich. Die genannten Auslöser zeigen jedoch eine unterschiedliche Brisanz für die Weiterentwicklung des Produktportfolios. Beispielsweise stellen Megatrends eine Veränderung dar, welcher sich jedes Unternehmen stellen muss. Megatrends stellen eine plakative Richtungsweisung für die Weiterentwicklung dar und sollten daher in zukünftigen Ansätzen mit aufgegriffen werden, versprechen jedoch keinen exklusiven Wissensvorsprung gegenüber dem Wettbewerb. Kundenbedürfnisse stellen Impulse für Entwicklungen dar, die sich an den derzeit auf dem Markt befindlichen Produkten orientieren, sind jedoch in ihrer Gültigkeit auf die nahe Zukunft limitiert. Neue Technologien fungieren als Schlüssel für die Umsetzung der identifizierten Potenziale in neuen Produkten mit hohem Innovationspotenzial. Rechtliche Vorgaben können dabei die Chance auf Innovationen durch lange Zulassungsprozesse hemmen oder durch neue Richtlinien und Normen befähigen.

Die Interviews stellen heraus, dass eine aktive Weiterentwicklung des Produktportfolios erforderlich ist, um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben. Es bedarf einer Unterstützung, um die strategische Produktplanung mit den Produktentwicklungsansätzen auf den verschiedenen Ebenen zu koordinieren. Insbesondere gilt es aus der Vielzahl von potenziellen Auslösern und Einflüssen auf ein Unternehmen die relevanten Einflüsse zu identifizieren und im Produktportfolio zu verorten.

Variation: Kleinere Optimierungen werden häufig direkt operationalisiert und benötigen keine umfassende entwicklungsmethodische Unterstützung. Auch die Weiterentwicklung von Elementen im Produktportfolio basiert in allen Fällen auf Referenzen, zumeist sogar Referenzen innerhalb des bestehenden Produktportfolios. Die von den Interviewpartnern skizzierten Wege der Weiterentwicklung sind nicht eindeutig voneinander abzugrenzen. Es gibt innerhalb der befragten Unternehmen keine einheitliche und formal korrekte Beschreibung von Veränderungen im Produktportfolio. Ein zu entwickelnder Unterstützungsansatz muss daher eine neutrale und formalisierte Beschreibungsmöglichkeit bereitstellen. Das Modell der SGE - Systemgenerationsentwicklung bietet mit dem Referenzsystem und den entsprechenden Variationsarten Elemente zur formalen Beschreibung des Entwicklungsprozesses (vgl. Albers et al., 2019). Das Modell findet bereits in der Beschreibung von Systementwicklungen Anwendung, muss aber durch die Bereitstellung

von geeigneten Modellierungselementen an die Weiterentwicklung von Produktportfolios angepasst werden.

Herausforderungen: Die hohe Volatilität des Umfelds stellt sich als eine zentrale Herausforderung heraus, welche dazu führt, dass sich häufig die Anforderungen und Randbedingungen schneller als die Entwicklungsdauer der Systeme ändern. Die verschiedenen Herausforderungen aus organisatorischer, normativer, markt- sowie technologischer Sicht gestalten die Weiterentwicklung von Produktportfolios äußerst anspruchsvoll. Es bedarf eines Ansatzes, der kontinuierlich im Unternehmen angewandt werden kann und verschiedene Einflüsse von kurz- bis langfristig gegenüber einer langfristig angestrebten Unternehmensstrategie berücksichtigen kann. Beispielsweise sollen strategische Ziele in weiter Ferne mit einer generationenübergreifenden Produkt-Roadmap auf der Entwicklungsseite in überschaubare Generationen heruntergebrochen werden.

Strategie: Der Großteil der von den Interviewpartnern genannten Strategien konzentriert sich auf die Analyse und Identifizierung von Auslösern, bevor Anpassungen am Produktportfolio erfolgen. Eine übergreifende Koordination und Verortung von Einflüssen gegenüber der strategischen Ausrichtung existieren in den Unternehmen nicht. Es besteht ein Unterstützungsbedarf bei der Beurteilung, inwiefern Einflüsse und Umweltveränderungen Auswirkungen auf das Produktportfolio haben. Die Strategie eines Unternehmens muss über das Portfoliomanagement enger mit der Produktentwicklung verknüpft werden.

Perspektiven auf das Produktportfolio: Bei der Entwicklung sowie bei der Nutzung von Methoden für die Weiterentwicklung eines Produktportfolios muss zwischen der Entwicklungs- und der Kundenperspektive unterschieden werden. Aus interner Sicht kann jede Anpassung eines Produktes als neue Systemgeneration bezeichnet werden. Ob diese Systemgeneration auch nach außen kommuniziert wird, ist strategisch zu bewerten.

Die vertiefende Interviewstudie erweitert das grundlegende Verständnis um Erkenntnisse und Detailwissen zu der Weiterentwicklung von Produktportfolios. Gemeinsam mit den weiteren Vorarbeiten wird so die Grundlage zur Gestaltung eines Ansatzes zur Weiterentwicklung von Produktportfolios, bestehend aus einem Vorgehens- sowie einem Beschreibungsmodell, geschaffen. Im Rahmen einer abschließenden Limitation zu den Ergebnissen der Interviewstudie bleibt neben der möglichen subjektiven Verzerrung aufgrund der Teilnehmendenzahl von zehn Personen festzuhalten, dass 9/10 interviewten Personen in dem B2B-Bereich in großen Unternehmen mit über 1000 Mitarbeitenden tätig waren. Eine mögliche Übertragbarkeit der Ergebnisse auch auf kleinere Unternehmen bleibt gesondert nachzuweisen.

5.5 Fazit zur Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios

In Kapitel 5 wurde über fünf aufeinander aufbauende Studien ein Verständnis für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios aufgebaut (vgl. Abbildung 5.17). Über eine erste Interviewstudie (Kapitel 5.1) konnten grundlegende Bedarfe und Themen aus der Praxis erkannt werden. Nach Klärung der Themenfelder und Begriffe konnte eine systematische Literaturrecherche durchgeführt werden und 43 bestehende Ansätze sowie fünf Herausforderungsfelder aus der Literatur aufgegriffen werden (Kapitel 5.2). Eine gemeinsame Sprachbasis und Begriffsverwendung wurden als Grundlage zur Entwicklung eines Unterstützungsansatzes erarbeitet (Kapitel 5.3). Abschließend wurde mit einer vertiefenden Interviewstudie II (Kapitel 5.4) das Verständnis für den Ablauf der Weiterentwicklung in Unternehmen erweitert. Damit stellt das Kapitel die grundlegende Wissensbasis zur Entwicklung von Ansätzen zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios dar. Die konkrete Ableitung von Zielen und Anforderungen für das Beschreibungs- und Vorgehensmodell erfolgt auf Grundlage der erlangten Wissensbasis in den jeweiligen Kapiteln 6 und 7.



Abbildung 5.17: Aktivitäten und korrelierende Kernerkenntnisse aus der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios in Kapitel 5.

6 Erarbeitung eines Beschreibungsmodells zur Weiterentwicklung von Produktportfolios

Wie die Interviewstudie I (Kapitel 5.1) aufzeigt, besteht der Bedarf der Entwicklung eines Beschreibungs- sowie eines korrelierenden Vorgehensmodells zur Weiterentwicklung von Produktportfolios. Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit der iterativen Entwicklung des Beschreibungsmodells und leistet einen Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfragen FF1.3, FF2.1 sowie FF2.3 (Kapitel 3.4). Dazu werden in Kapitel 6.1 Ziele und Anforderungen an ein Beschreibungsmodell abgeleitet sowie ein erstes initiales Beschreibungsmodell auf Grundlage der SGE - Systemgenerationsentwicklung erstellt. In Kapitel 6.2 wird das Modell um ebenenspezifische Beschreibungselemente erweitert. Daraufhin wird in Kapitel 6.3 das Beschreibungsmodell um die Identifikation und Modellierung von Einflüssen durch ein Einflussprofil erweitert. Im Rahmen von Kapitel 6.4 wird das erarbeitete Beschreibungsmodell genutzt, um retrospektiv die Weiterentwicklung eines Produktportfolios zu modellieren und die ersten Elemente des Beschreibungsmodells früh zu validieren. Abschließend wird in Kapitel 6.5 ein Auszug des Beschreibungsmodells in einer Lehrveranstaltung evaluiert.

6.1 Initiale Erstellung des Beschreibungsmodells

Die nachfolgende Studie beschäftigt sich mit der Entwicklung eines ersten Beschreibungsmodells zur Beschreibung der Weiterentwicklung von Produktportfolios auf Basis des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung nach Albers (Albers & Rapp, 2022). Ziel der Studie ist es, einen Modellierungsansatz zu entwickeln, um die grundlegenden Zusammenhänge bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios aufbauend auf der Analyse in Kapitel 5 abbilden zu können.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel et al., 2023a) und waren Gegenstand einer

durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Gärtner, 2022)¹.

Zur Erreichung der Ziele wurden folgende drei Leitfragen definiert:

LF1 – Was sind die Ziele und Anforderungen an ein Beschreibungsmodell für die Produktportfolioentwicklung?

LF2 – Wie muss ein Beschreibungsmodell für die Produktportfolioentwicklung gestaltet sein?

LF3 – Inwieweit ist eine Beschreibung der Produktportfolioentwicklung mit dem entwickelten Beschreibungsmodell möglich?

Nachfolgend wird auf das Vorgehen sowie korrelierende Ergebnisse eingegangen.

6.1.1 Vorgehen

Die Erarbeitung des initialen Beschreibungsmodells ist analog zum übergreifenden Aufbau der vorliegenden Arbeit (vgl. Kapitel 4.3) an die Stadien der DRM – Design Research Methodology angelehnt (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Im Rahmen der deskriptiven Studie I sollen Ziele und Anforderungen an ein Beschreibungsmodell erarbeitet werden. Hierfür werden basierend auf einer Literaturanalyse gezielt Anforderungen an ein Beschreibungsmodell und Anforderungen an die Planung und Beschreibung von Produktportfolios abgeleitet. Die Sammlung von Anforderungen an ein Beschreibungsmodell wird in einer Umfrage mit 32 Produktentwickelnden nach der Relevanz der einzelnen Anforderungen bewertet.

Innerhalb der präskriptiven Studie wird der Katalog relevanter Anforderungen zur Entwicklung eines ersten Beschreibungsmodells genutzt. Korrelierend zum Beschreibungsmodell wird ein erster Prozessmodellansatz entwickelt, um die Anwendung im Rahmen der deskriptiven Studie II sicherzustellen.

In der deskriptiven Studie II wird das erarbeitete Modell in einer Anwendungsstudie im Live-Lab ProVIL (Kapitel 4.5.2) durchgeführt. Die Evaluation erfolgt neben der Beobachtung und Auswertung der Arbeitsergebnisse der Entwickelnden durch semi-strukturierte Interviews mit den Entwickelnden. Nachfolgend werden die Ergebnisse entlang der drei Teilstudien vorgestellt.

¹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

6.1.2 Ziele und Anforderungen an ein Beschreibungsmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios

Innerhalb des vorliegenden Unterkapitels werden Ziele und Anforderungen an ein Beschreibungsmodell für die Weiterentwicklung von Produktportfolios ermittelt. Die Analyse bildet damit einen Ansatzpunkt für die Entwicklung eines ersten Beschreibungsmodells. Basierend auf der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) und Vorarbeiten aus dem Bereich der SGE und SPP (vgl. Kapitel 5.3.2) können 15 Anforderungen an ein Beschreibungsmodell abgeleitet werden. Die Anforderungen sowie Verknüpfungen der einzelnen Elemente als Initial Reference Model (vgl. Blessing & Chakrabarti, 2009) sind in Anhang D zu finden.

Die Anforderungen werden weiter zu 17 internen (ZI) und externen (ZE) Zielen des zu entwickelnden Beschreibungsmodells aufgearbeitet, um diese im nächsten Schritt über eine qualitative online Umfrage hinsichtlich ihrer Relevanz für das zu entwickelnde Modell zu priorisieren. Die Aggregation und Unterteilung in interne und externe Ziele sollen die Bewertung innerhalb der Umfrage vereinfachen. Nachfolgende Tabelle 6.1 zeigt die erarbeiteten internen und externen Ziele für ein zu erarbeitendes Beschreibungsmodell.

Tabelle 6.1: Geclusterte Ziele für ein Beschreibungsmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios (vgl. Schlegel et al., 2023a)

| Nr | Bei der Planung und Beschreibung von Produktportfolios... | Anforderung |
|------|--|--------------|
| ZI 1 | ... soll die Beziehung der möglichen Elemente, Produktlinie, -familie, -variante und Subsystem, abgebildet werden. | A1, A13, A15 |
| ZI 2 | ... soll es möglich sein, die zeitliche Entwicklung der unternehmensinternen Elemente strukturiert zu visualisieren. | A6 |
| ZI 3 | ... sollen Produktionssystem und Validierungssystem mit abgebildet werden. | A7 |
| ZI 4 | ... sollen die Elemente des Produktportfolios vergleichbar sein. | A3 |
| ZI 5 | ... soll es möglich sein, den einzelnen Elementen Eigenschaften zuzuweisen. | A8, A9 |
| ZI 6 | ... sollen Time in Market und Time to Market abgebildet werden. | A11 |
| ZI 7 | ...soll eine Abbildung des gesamten Lebenszyklus der einzelnen Elemente möglich sein. | A11 |
| ZI 8 | ... soll abgebildet werden, wie sehr sich die Veränderung eines Elementes auf das andere Element auswirkt. | A13, A15 |
| ZI 9 | ... soll abgebildet werden, was die unternehmensinternen Auslöser für eine Änderung im Produktportfolio sind. | A5, A10 |

| | | |
|----------|---|-----|
| ZI 10 | ... soll kenntlich gemacht werden, welche Änderungen die Kunden wahrnehmen werden. | A14 |
| ZI 11 | ... soll die Wechselwirkung der Elemente mit dem Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen abgebildet werden. | A12 |
| ZE 1 | ...soll die Veränderung der Stakeholder (Kunden, Lieferanten etc.) abgebildet werden. | A2 |
| ZE 2 | ... soll der Einfluss der Stakeholder auf die Elemente des Portfolios abgebildet werden. | A9 |
| ZE 3 | ... soll eine Wertung der Einflüsse der Stakeholder auf die Elemente des Portfolios abgebildet werden. | A12 |
| E4 | ... soll es möglich sein, die zeitliche Entwicklung der Stakeholder strukturiert zu visualisieren. | A6 |
| ZE 5 | ... soll eine Einbindung von Methoden der Vorausschau möglich sein. | A9 |
| ZE 6 | ... soll abgebildet werden, was die unternehmensexternen Auslöser für eine Änderung im Produktportfolio sind. | A4 |

Die identifizierten Ziele aus Tabelle 6.1 werden im nächsten Schritt in einer quantitativen online Umfrage mit 32 Produktentwickelnden hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet. Hintergrundinformationen zu den Teilnehmenden der Umfrage sind in Anhang D zu finden.

Die Ergebnisse der Relevanzbewertung durch die 32 Befragten sind in Abbildung 6.1 zu sehen. Die Bewertung durch die Befragten ergab, dass dem Ziel ZI1 die höchste Relevanz für die Planung und Beschreibung der Produktportfolioentwicklung zugeschrieben wird. Weiter werden die Ziele ZI5, ZI8 und ZI11 bei der initialen Erarbeitung eines Beschreibungsmodells aufgegriffen, da diese von über fünfzig Prozent der Befragten als sehr relevant bewertet wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der als relevant bewerteten Ziele aus dem internen Bereich stammen. Es gilt daher zunächst mit dem Beschreibungsmodell für die Weiterentwicklung von Produktportfolios die unternehmensinterne Abbildung der Produkte in einem Produktportfolio zu adressieren. Entscheidend ist es, beispielsweise die Wechselwirkungen im Produktportfolio (ZI1) sowie die Verbindung zum Nutzentripel als zentrales Element im Produktprofil (ZI11) (vgl. Kapitel 2.1.2) aufzugreifen. Die Integration von Methoden der Vorausschau als externes Ziel für das Beschreibungsmodell (ZE5) findet sich exemplarisch auf Platz neun wieder und spielt daher insbesondere im zweiten Schritt bei der Modellierung zukünftiger Produktgenerationen $G_{i=n+1}$ und $G_{i=n+2}$ eine Rolle. Die Ergebnisse aus der quantitativen online Umfrage sind nachfolgend in Abbildung 6.1 zu sehen.

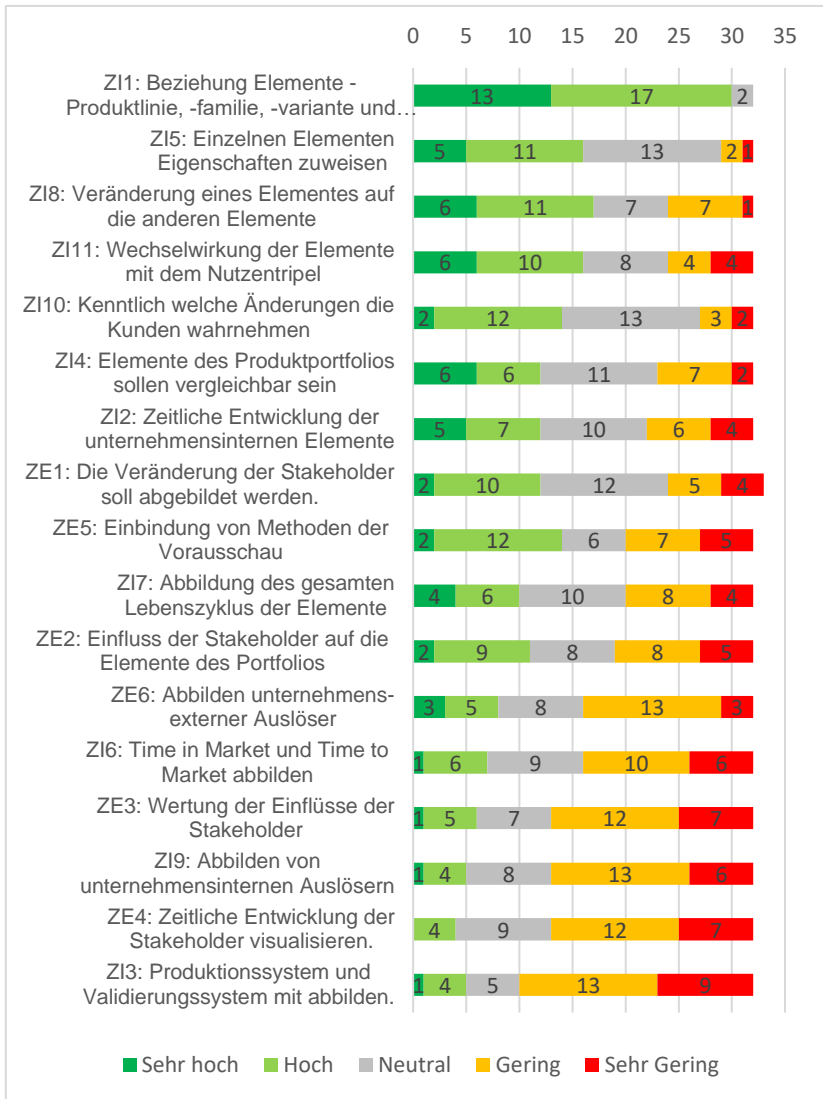


Abbildung 6.1: Ergebnis der Relevanzbewertung von Zielen für die Beschreibung und Planung von Produktportfolios durch 32 Teilnehmende. Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023a).

6.1.3 Entwurf eines deskriptiven Modells für die Entwicklung des Produktportfolios

Ein erster Entwurf für einen Beschreibungsansatz baut auf den definierten Ebenen aus Interviewstudie I (Kapitel 5.1) auf und erweitert diese um generationsbezogene Strukturelemente. Dazu wird die Nomenklatur der SGE - Systemgenerationsentwicklung auf die Elemente der Produktportfolioebenen übertragen. Denn neben der Modellierung in der räumlichen Dimension über die einzelnen Ebenen des Produktportfolios gibt es auch die zeitliche Dimension, da sich ein Produktportfolio im Laufe der Zeit verändert. Da ein Produktportfolio ein *System of Systems* (Albers, Mandel, Yan & Behrendt, 2018; Ropohl, 2009) darstellt, beruht jede Entwicklung eines neuen Portfolioelements auch auf Ebene der Produktlinien und Produktfamilien, auf einem Referenzsystem, wie es im Modell der SGE - Systemgenerationsentwicklung beschrieben ist (Albers et al., 2019). Ausgehend von den Elementen des Referenzsystems erfolgt die Entwicklung des neuen Portfolioelements über die drei Variationsarten Übernahme-, Ausprägungs-, und Prinzipvariation. (Albers & Rapp, 2022)

Die Nomenklatur der SGE wird wie folgt auf die Elemente des Produktportfolios übertragen:

| | |
|--|-----|
| Generation i der Produktlinie: L_i^l | 6.1 |
| Identifikator Produktlinie: $l \in \mathbb{N}$ | 6.2 |
| Generation i der Produktfamilie: $F_i^{l,f}$ | 6.3 |
| Identifikator Produktfamilie: $f \in \mathbb{N}$ | 6.4 |
| Generation i der Produktvariante: $V_i^{l,f,v}$ | 6.5 |
| Identifikator Produktvariante: $v \in \mathbb{N}$ | 6.6 |
| Generation i des Subsystems: $S_i^{l,f,v,s}$ | 6.7 |
| Identifikator Subsystem: $s \in \mathbb{N}$ | 6.8 |
| Aktuelle Generation in der Entwicklung, welche als nächstes in den Markt kommt: $i = n, n \in \mathbb{N}$ | 6.9 |

Abbildung 6.2 zeigt eine beispielhafte schematische Modellierung mithilfe der Beschreibungselemente und greift die Strukturierung mit entsprechenden Indizes auf. Mithilfe der generationsbezogenen Indizes sollen Veränderungen bei Weiterentwicklungen im Produktportfolio beschreibbar gemacht werden.

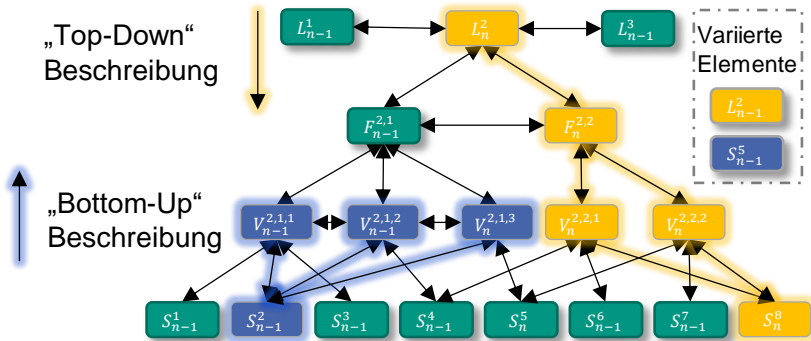


Abbildung 6.2: Ein erstes deskriptives Modell, welches die Struktur eines Produktportfolios zu einem bestimmten Zeitpunkt in seiner Weiterentwicklung zeigt (beispielhafte Darstellung). Orange: Aufgrund eines Auslösers auf Linienebene veränderte Elemente; Blau: Aufgrund eines Auslösers auf Subsystemebene veränderte Elemente Grün: beibehaltene Elemente des Produktportfolios
Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023a).

Die Beschreibung von Wechselwirkungen im Produktportfolio über die Ebenen hinweg kann über eine „Bottom-Up“ oder „Top-Down“ Modellierung erfolgen (vgl. Danesh et al., 2017; vgl. Doorasamy, 2017).

Der Bottom-up-Ansatz beschreibt Wechselwirkungen auf übergeordnete Elemente durch die Anpassung eines Elementes auf der untergeordneten Ebene. So kann beispielsweise eine leistungsfähigere Akkutechnologie die Reichweite/Betriebszeit maßgeblich verbessern und so neue Anwendungsfelder auf Produktlinienebene ermöglichen.

Mithilfe des Top-Down-Ansatzes werden die Auswirkungen von Veränderungen auf höheren Ebenen auf die untergeordneten Elemente beschrieben. Die Top-Down-Modellierung greift damit die Aufgabenschwerpunkte aus der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) auf, bspw. findet die Potenzialfindung primär auf der Produktlinien- und Produktfamilienebene statt. Mit der Beschreibungsmethodik werden die Systemebenen des Portfolios von oben nach unten analysiert. Insbesondere wird die Migration über die Ebenen des Produktportfolios hinweg untersucht. Das Entfernen oder Hinzufügen von Elementen und/oder Beziehungen im System

entspricht einer Prinzipvariation innerhalb des Produktportfolios (Albers, Fahl, Hirscher & Rapp, 2021). Werden Attribute des Produktportfolioelementes verändert, das Portfolioelement aber grundsätzlich aus dem bestehenden Produktportfolio als Referenzsystemelement aufgegriffen, liegt eine Ausprägungsvariation vor. Bei einer Beibehaltung des Produktportfolioelements gegenüber dem Referenzsystem und lediglich einer Anpassung an Schnittstellen zu anderen Produktportfolioelementen trifft hier die Übernahmevariation zu (Albers et al., 2021). Die beiden Beschreibungspfade können zeitgleich im Produktportfolio angewandt werden, bspw. bei mehreren Veränderungen auf unterschiedlichen Ebenen oder der Modellierung einer Veränderung auf Variantenebene in beide Richtungen des Portfolios.

Um eine Tendenz für die Auswirkungen der Variationen auf die Unterebenen zu erhalten, werden in Anlehnung an das hierarchische Systemkonzept nach Ropohl (2009), welches besagt, dass die auf einer Systemebene verwendeten systemtheoretischen Ansätze auch auf die Untersysteme angewendet werden können, die Variationsanteile auf der Sub-Ebene bestimmt. So können nicht nur die Variationsanteile auf Variantenebene einer spezifischen Dialysemaschine sondern auch die Variationsanteile auf Subsystemebene bspw. einzelner Schlauchsysteme bestimmt werden. Die Summe der Variationsanteile der Sub-Elemente (alle Subsysteme einer Variante der Dialysemaschine) stellt einen Indikator für das darüberliegende Element (die Variante der Dialysemaschine) dar, bildet jedoch die Variation des darüberliegenden Elements nicht zuverlässig ab.

Zur Beschreibung der Nutzen der Portfolioelemente wird das Produktprofil der Variantenebene zugeordnet, da die Variantenebene die vom Kunden wahrgenommenen Produkte enthält (vgl. Interviewstudie I (Kapitel 5.1)). Darüberliegende Elemente wie Familie und Produktlinie liegen nicht physisch vor, sie stellen theoretische Konstrukte zur Komplexitätsbeherrschung dar. Die Subsystemebene enthält den größten Teil der Spezifikation des Produktdesigns und der technischen Umsetzung.

6.1.4 Evaluation des deskriptiven Modells

Zum Zwecke der frühen Validierung wird ein Vorgehen mit vier Schritten erarbeitet, um das Beschreibungsmodell im Live-Lab ProVIL im Jahr 2022 (Kapitel 4.5.2) anzuwenden. Im ersten Schritt des Vorgehens, „Produktportfoliostrukturierung“, wird das Produktportfolio entsprechend dem initialen Beschreibungsmodell strukturiert. Im zweiten Schritt des Vorgehens, „Produktportfolioanalyse“, führen die Produktentwickelnden eine Analyse des Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzens (Produktprofil) auf Produktfamilienebene durch (Albers, Heimicke et al., 2018). Im dritten Schritt, „konsistente Produkteigenschaften“, soll eine Konsistenzanalyse der kundenrelevanten Produkteigenschaften auf Familienebene durchgeführt werden. Im letzten Schritt des Vorgehens, „Produktideenanalyse“, werden die konkreten Lösungskonzepte für Produkte auf Variantenebene analysiert.

Im Anschluss an die Beobachtung der Anwendung sowie die Auswertung der Ergebnisse wurden zum Abschluss der Analysephase vier Reflektionsgespräche (R1–R4) mit einer Dauer von R1 - 13 min, R2 - 17 min, R3 - 16 min und R4 - 19 min mit den einzelnen Entwickelnden durchgeführt. Die Evaluation des Beschreibungsmodells zeigt eine initiale Unterstützungsleistung. Übergreifend unterstützte der Beschreibungsansatz laut Aussage der Anwendenden, Struktur in das Portfolio des Firmenpartners zu bringen (R1-R4). Die dargestellten Elemente wurden als ausreichend und anwendbar für die Beschreibung des Produktportfolios empfunden (R1-R4). Die durch den Ansatz generierten Inkremente wurden in späteren Phasen des Projekts genutzt, um weiße Flecken und Redundanzen im Portfolio zu identifizieren (R3). Aufgrund der begrenzten Zeit (R1, R2, R4) und der nach Aussage von R2 divergierenden Schwerpunkte im Live-Lab wurde das Vorgehen jedoch über Schritt zwei hinaus nicht weitergeführt. Die Ergebnisse der initialen Validierungsstudie in ProVIL zeigen die grundsätzliche Übertragbarkeit und Anwendbarkeit der Strukturelemente auf ein Unternehmensportfolio. Eine strukturierte Produktportfolio-Übersicht konnte wie in Abbildung 6.3 gezeigt, erstellt werden.

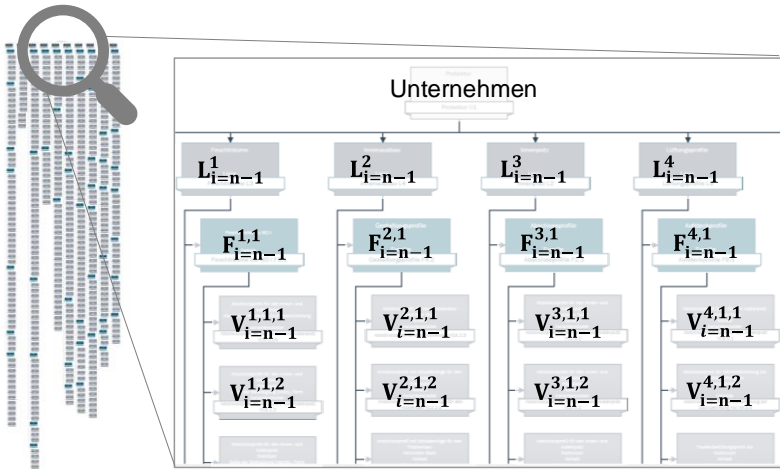


Abbildung 6.3: Abstrahierter Ausschnitt aus dem Produktportfolio des Partnerunternehmens, welches auf der Grundlage des beschreibenden Modells entwickelt wurde (Weiß = Produktportfolio, grau = Produktlinie, blau = Produktfamilie, hellgrau = Produktvariante, Subsysteme wurden nicht modelliert). Abbildung adaptiert nach Schlegel et al. (2023a).

Die Durchführung zeigt anhand der Modellierung durch die Produktentwickelnden die grundsätzliche Anwendbarkeit des initialen Beschreibungsmodells auf. Die Analyse der Arbeitsergebnisse zeigt jedoch trotz positiver Rückmeldung der Anwendenden grundlegende Verbesserungsbedarfe auf. So ist die Anzahl an Elementen, die modelliert werden müssen, unpraktikabel hoch. Die Abbildung 6.3 greift lediglich die Ebenen Linie, Familie und Variante auf. Subsysteme wurden in der Studie nicht modelliert. Einzelne Produktprofile zur Beschreibung der einzelnen Elemente auszuarbeiten, um weitere Anforderungen an das Beschreibungsmodell zu erschließen, ist aufgrund der großen Anzahl an Elementen nicht praktikabel. Es besteht der Bedarf an einer umfassenderen Modellierung, welche die Beschreibung einer Vielzahl von Produktportfolioelementen effizienter gestaltet.

6.1.5 Zwischenfazit

Im Rahmen der deskriptiven Studie I konnte ein Katalog relevanter Ziele und Anforderungen an ein Modell zur Beschreibung der Weiterentwicklung von Produktportfolios abgeleitet werden. Durch eine Umfrage mit 32 Teilnehmenden wurden folgende Ziele als am relevantesten eingestuft: „Abbildung der Beziehungen der Elemente des Portfolios (Z11)“, „Eigenschaftszuordnung der Elemente (Z15)“, „Interaktion der Portfolioelemente untereinander (Z18)“ und die „Interaktion der Elemente mit dem Nutzer-, Lieferanten- und Kundennutzen soll dargestellt werden (Z111)“.

In der präskriptiven Studie wurde ein initiales deskriptives Modell entwickelt, das Produktportfolioebenen aufgreift und diese als Strukturelemente generationsspezifisch beschreibbar macht. Zur Beschreibung der Wechselwirkung bei der Weiterentwicklung wurden ein „Bottom-Up“ sowie ein „Top-Down“ Ansatz erarbeitet.

Durch die in der deskriptiven Studie II durchgeführte Anwendungsstudie konnte eine Übertragbarkeit der Elemente auf ein reales Entwicklungsprojekt im Rahmen des Live-Labs ProVIL nachgewiesen werden. Die befragten Produktentwickelnden gaben an, dass das vorgestellte Beschreibungsmodell sie dabei unterstützt hat, das Produktportfolio zu beschreiben. Das entwickelte Beschreibungsmodell bietet damit eine erste Grundlage für eine formale und präzise Beschreibung der Entwicklung des Produktportfolios anhand von Referenzen. Gleichzeitig zeigt die Anwendungsstudie in Ergänzung zu den identifizierten Zielen aus der DS I weitere Verbesserungsbedarfe, wie die effiziente Modellierung einer großen Anzahl von Produktportfolioelementen. Diese sollen in folgendem Kapitel adressiert werden.

6.2 Erweiterung des Beschreibungsmodells um ebenenspezifische Produktprofile

Das vorangegangene initiale Beschreibungsmodell deckt noch nicht alle priorisierten Ziele an das Beschreibungsmodell ab (vgl. Kapitel 6.1.2). Ziel der vorliegenden Studie ist es, das initiale Beschreibungsmodell zu erweitern, um die Weiterentwicklung von Produktportfolios besser unterstützen zu können (vgl. Kapitel 6.1.4).

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel, Just, Pfaff et al., 2024) und waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Just, 2023)².

Zur Erreichung der Zielstellung wurden folgende Leitfragen (LF) gestellt:

LF1 – Welche Verbesserungspotenziale bietet das bestehende Beschreibungsmodell, in Ergänzung zu den initialen Zielen aus Kapitel 6.1.2, für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios?

LF2 – Wie kann das bestehende Beschreibungsmodell weiterentwickelt werden?

LF3 – Inwieweit ist das erweiterte Beschreibungsmodell für die Weiterentwicklung von Produktportfolios anwendbar, erfolgreich und unterstützend bei der Umsetzung?

Nachfolgend wird auf das Vorgehen sowie korrelierende Ergebnisse eingegangen.

6.2.1 Vorgehen

Das Vorgehen der Studie lehnt sich an die Stadien der Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009) an. Im Rahmen der deskriptiven Studie I (DS I) wird die erste Studie zur Erstellung eines initialen Beschreibungsmodells (Kapitel 6.1) analysiert. Ergänzend wurden eine Beobachtungsstudie einer zweiten Anwendung des initialen Beschreibungsmodells im Live-Lab „ProVIL - Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor“ (Kapitel 4.5.2) im Jahr 2023 sowie fünf Interviews

² Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

mit Entwickelnden aus diesem Live-Lab durchgeführt, um Probleme bei der Anwendung des Modells zu erfassen. Im Rahmen der präskriptiven Studie (PS) wird aufbauend auf den Ergebnissen aus Kapitel 6.1.2 sowie den Erkenntnissen aus der erneuten Anwendung des initialen Modells im Live-Lab ProVIL 2023 das Beschreibungsmodell erweitert. Innerhalb der deskriptiven Studie II (DS II) wird das erweiterte Modell in einem Expertenworkshop in einem Forschungsgespräch mit elf Teilnehmenden angewendet und initial validiert.

Nachfolgend werden die Verbesserungspotenziale, welche sich aus der DS I ergeben haben, die darauf aufbauende Erweiterung des initialen deskriptiven Modells (PS) und anschließend die Ergebnisse aus dem Expertenworkshop (DS II) vorgestellt.

6.2.2 Ergebnisse aus der Untersuchung des initialen Beschreibungsmodells (DS I)

Auf Basis der Analyse des initialen Beschreibungsmodells (Kapitel 6.1) sowie der erneuten Anwendung in ProVIL 2023 (Kapitel 4.5.2) werden unter Berücksichtigung von den in Kapitel 6.1.2 gestellten Zielen weitere Verbesserungspotenziale für das initiale Beschreibungsmodell in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 6.2: Verbesserungspotenziale des initialen Beschreibungsmodells (vgl. Schlegel, Just, Pfaff et al., 2024)

| Nr | Potenzial zur Verbesserung | Herkunft |
|----|---|--|
| P1 | Spezifizierung der beiden Beschreibungsansätze, um die spezifischen Auswirkungen der Änderung von Superelementen auf Subelemente und umgekehrt zu berücksichtigen | Analyse initiales Beschreibungsmodell (Schlegel et al., 2023a) |
| P2 | Erweiterung des Produktprofils auf der Familienebene, z.B. um Gesetzmäßigkeiten für die Variantenbildung | Analyse initiales Beschreibungsmodell (Schlegel et al., 2023a) |
| P3 | Erweiterung des Produktprofils auf die Subsystemebene zur Konkretisierung der Lösung | Analyse initiales Beschreibungsmodell (Schlegel et al., 2023a) |
| P4 | Strategischer Input soll in dem Beschreibungsmodell mit berücksichtigt werden. | Analyse ProVIL 2023 |
| P5 | Die Analyseergebnisse sollen in den späteren Phasen in ProVIL stärker nutzbar gemacht werden. | Analyse ProVIL 2023 |

Um die Weiterentwicklung von Produktportfolios modellieren zu können, ist insbesondere eine Beschreibung der Produktportfolioelemente auf den jeweiligen Portfolioebenen erforderlich (vgl. Ziele aus Kapitel 6.1.2 ZI5 und ZI11). Im Fokus steht daher in der folgenden präskriptiven Studie (PS) das initiale Beschreibungsmodell, um eine lösungsoffene Beschreibung der ebenenspezifischen Elemente des Portfolios in der frühen Phase der Produktentwicklung zu erweitern.

6.2.3 Erweiterung des Beschreibungsmodells

Wie Interviewstudie I (Kapitel 5.1) herausstellt, existieren unterschiedliche Aufgabenschwerpunkte auf den Ebenen des Produktportfolios. Entsprechend soll auf höheren Ebenen ein Beschreibungselement zur Modellierung von Innovationspotenzialen mit tendenziell strategischer und längerfristiger Ausrichtung erarbeitet werden, auf tieferen Ebenen wird die strategische Ausrichtung weiter konkretisiert. Abbildung 6.4 zeigt eine Zuordnung der ebenenspezifischen Produktprofile.

Ausgangspunkt für die Erarbeitung ebenenspezifischer und lösungsoffener Beschreibungselemente ist das Produktprofil (Albers, Heimicke et al., 2018). Zugeordnet wird das Produktprofil den Varianten, welche letztendlich von den Kunden als Produkte wahrgenommen werden. Basierend auf dem Innovationsverständnis nach Albers und Heimicke et al. (2018) sind in den Produktprofilen die vier Modulgruppen: Nutzen, Produktstruktur, Stakeholder und Umweltentwicklung zu adressieren. Jede dieser Modulgruppen besteht wiederum aus Modulen und Unterelementen. Exemplarisch ist in Abbildung 6.5 das Produktfamilienprofil gezeigt. Die weiteren ebenenspezifischen Produktprofile sind in Anhang D aufgegriffen.

Da die Strategie des Unternehmens einen erheblichen Einfluss auf das Produktportfolio hat, wird durch ein **Unternehmensprofil** versucht, eine Schnittstelle zur Entwicklungsstrategie auf Unternehmensebene zu bilden (Stammnitz et al., 2023). Innerhalb des Unternehmensprofils werden der Kernnutzen, die Strategie und die Kernkompetenzen, die Kunden-, Anwender- und Lieferantenbasis sowie die Branchen, in denen das Unternehmen tätig ist, aufgegriffen. Die Entwicklungsstrategie eines Unternehmens setzt sich in den Anwendungsfeldern und damit den Produktlinien eines Unternehmens fort.

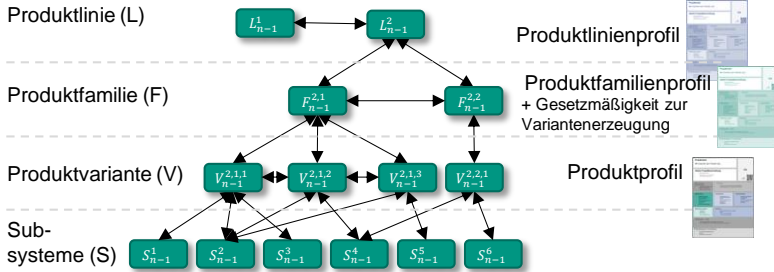


Abbildung 6.4: Zuordnung der ebenenspezifischen Produktprofile. Das Produktlinienprofil greift dabei die Gemeinsamkeiten im Nutzen der Produktlinie auf, welche in den untergeordneten Produktfamilienprofilen weiter spezifiziert werden. Die Vererbung soll damit die Modellierung von Produktprofilen effizienter und konsistenter gestalten. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Just und Pfaff et al. (2024).

Innerhalb des **Produktlinienprofils** werden die übergreifenden Informationen aus dem Unternehmensprofil weiter in die verschiedenen Anwendungsfelder spezifiziert. Beispielsweise wird in der Modulgruppe „Nutzen“ ein Teil des Unterelements „Kernnutzen“ aus dem Unternehmensprofil vererbt und weiter in den spezifischen „Anwendungsfeldnutzen“ detailliert.

Die **Produktfamilienprofile** teilen sich den Anwendungsfeldnutzen und spezifizieren diesen für die unterschiedlichen Produktfamilien. Innerhalb des Produktfamilienprofils werden Intervalle für die verschiedenen Module angegeben, in denen sich die zugrunde liegenden Produktvarianten befinden (Abbildung 6.5 – Gesetzmäßigkeiten zur Variantenerzeugung). Dadurch können mit einem Produktfamilienprofil verschiedene Varianten hinsichtlich ihres tatsächlichen und differenzierenden Nutzens gemeinsam modelliert werden und nicht gemäß einer physikalischen Ausprägung wie im Falle einer geometrischen Reihe.

Die Vererbung zwischen den Ebenen des Produktportfolios soll den Entwickelnden helfen, die Produkte innerhalb des Produktportfolios effizienter und zueinander konsistenter zu beschreiben. Die Vererbung von Informationen zu den Elementen wird in dem in Abbildung 6.5 dargestellten Produktfamilienprofil angedeutet. Die vererbten Informationen werden über das Element „[Bezug]“ im Unterelement angegeben und dienen als Referenz zum Ausfüllen des jeweiligen Profils.

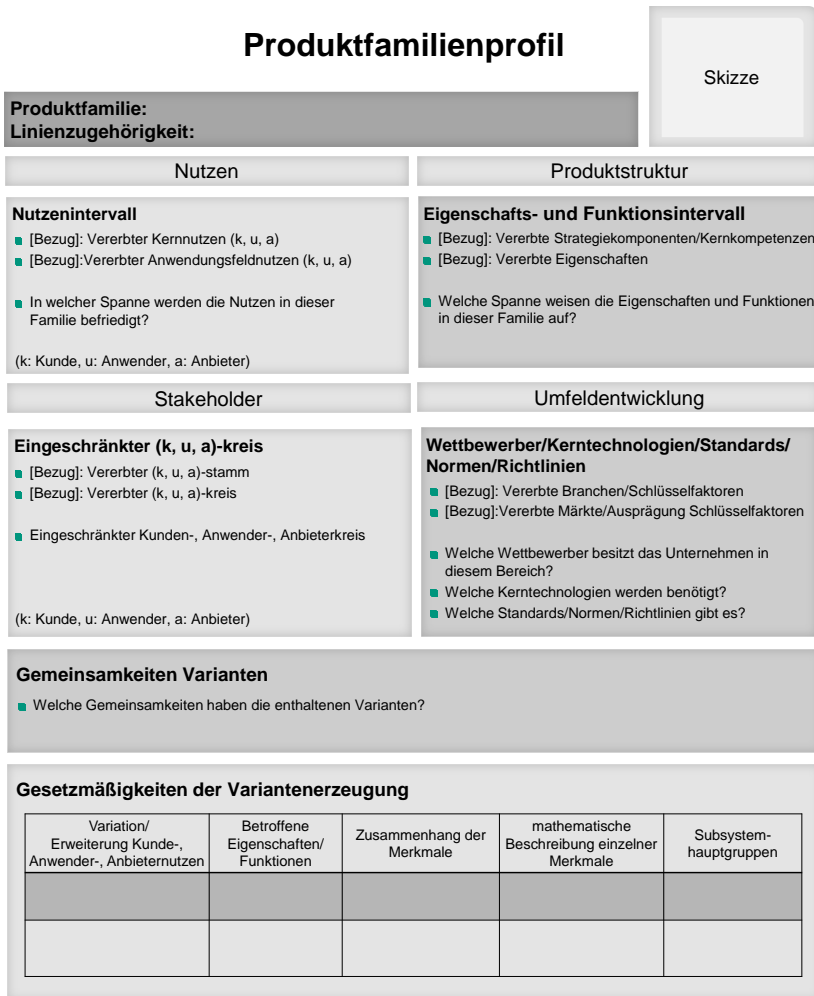


Abbildung 6.5: Produktfamilienprofil zur lösungsoffenen Beschreibung mehrerer Produktvarianten durch ein übergeordnetes Beschreibungselement. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Just und Pfaff et al. (2024).

6.2.4 Evaluation der Beschreibungsmodellerweiterung

In der deskriptiven Studie II wurde eine erste Validierung durch einen Expertenworkshop durchgeführt. Die elf Teilnehmenden aus dem Forschungsgespräch „SGE - Systemgenerationsentwicklung“ am IPEK – Institut für Produktentwicklung Karlsruhe wurden gebeten, die Profile auf verschiedene ausgewählte Unternehmen zu übertragen. Die einzelnen Anmerkungen der Expertinnen und Experten im Rahmen der Validierung wurden geclustert. Die Cluster sind in Tabelle 6.3 als Übersicht gezeigt.

Tabelle 6.3: Cluster auf Basis der Aussagen aus der Diskussionsrunde des Expertenworkshops (vgl. Schlegel, Just, Pfaff et al., 2024)

| Nr | Cluster |
|----|---|
| C1 | Vererbung ist allgemein anwendbar und kann in die Profile integriert werden |
| C2 | Zum Ausfüllen der Produktprofile ist spezifisches Wissen über ein Unternehmen erforderlich |
| C3 | Die Weiterentwicklung der Profile muss sich auf jeder Ebene an einem Referenzsystem orientieren |
| C4 | Die Profile sollen in eine Art „Benutzerhandbuch“ eingebettet werden |
| C5 | Integration von Standorten in das Unternehmensprofil |
| C6 | Integrieren des Five-Forces-Modell (Porter, 1980) in das Unternehmensprofil |

Eine erste Anwendung der Profile durch Expertinnen und Experten in der Entwicklungsmethodik hat gezeigt, dass die Vererbung allgemein anwendbar ist und auch in die Profile integriert werden kann (C1). Allerdings ist ein sehr spezifisches Wissen über ein Unternehmen erforderlich, was die Anwendung der Profile durch unternehmensexterne Personen bspw. in retrospektiven Fallstudien erschwert (C2).

Weiterführend wurden Voraussetzungen diskutiert, welche bei der Weiterentwicklung mit Hilfe der Profile berücksichtigt werden müssen. So basiert die Weiterentwicklung der Profile, im Sinne des Modells der SGE, ebenfalls auf einem Referenzsystem auf jeder Ebene des Produktportfolios (C3). Dabei können beispielsweise die Subelemente eines Moduls als Referenzelemente aufgegriffen und in das Referenzsystem zur Entwicklung neuer Profile übertragen werden.

Die folgende Abbildung 6.6 zeigt einen Ansatz, wie eine Weiterentwicklung von Produktprofilen im Produktportfolio im Sinne der SGE – Systemgenerationsentwicklung erfolgen kann.

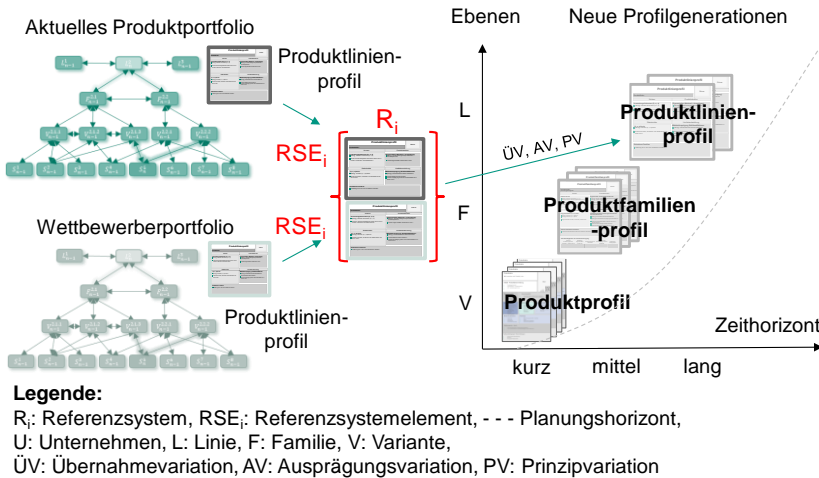


Abbildung 6.6: Weiterentwicklung von ebenenspezifischen Produktprofilen im Sinne des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung. Qualitative Abbildung. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Just und Pfaff et al. (2024).

Neben der Bildung des Referenzsystems zeigt Abbildung 6.6, dass die Entwicklung der Generationen auf den verschiedenen Ebenen in unterschiedlichen Zeiträumen stattfindet. So wird der Planungshorizont für eine Weiterentwicklung auf höheren Portfolioebenen weiter ausfallen als auf niedrigeren Ebenen (vgl. Interviewstudie I (Kapitel 5.1)).

Für die Weiterentwicklung von Produktportfolios mit Hilfe der Profile sollen diese in eine Art „Gebrauchsanweisung“ (C4) eingebettet werden, welche den Detaillierungsgrad angibt. Dieser Punkt wird in Kapitel 7.1.3 im Rahmen der Erarbeitung des Vorgehensmodells aufgegriffen. Weiter wurden Vorschläge für Erweiterungen, wie die Integration von Standorten in das Unternehmensprofil (C5) oder die Berücksichtigung von „Porters Five Forces“ (Porter, 1980) angebracht (C6).

6.2.5 Zwischenfazit

In der deskriptiven Studie I wurden Herausforderungen und Verbesserungspotenziale des initialen Beschreibungsmodells gesammelt. Dabei wurde die Erweiterung des Beschreibungsmodells durch erweiterte Produktprofile auf die höheren Produktportfolioebenen priorisiert.

In der präskriptiven Studie wurden ein Unternehmensprofil, ein Produktlinienprofil und ein Produktfamilienprofil eingeführt. Die Profile stellen ein Beschreibungselement für die ebenenspezifischen Aktivitäten (Interviewstudie I (Kapitel 5.1)) dar und zeigen damit einen Ansatz, wie Innovationspotenziale in der frühen Phase der Produktentwicklung auf den Ebenen des Produktportfolios modelliert werden können. Die Weiterentwicklung wird so entsprechend den ebenenspezifischen vier Hauptmodulgruppen Nutzen, Produktstruktur, Stakeholder und Umweltentwicklung modelliert. Jede Unterebene übernimmt aus dem darüberliegenden Produktprofil Informationen und spezifiziert diese. Die Erweiterung stellt somit für die zunehmende Anzahl von Produkten in Unternehmen einen Ansatz dar, die entstehende Komplexität durch die Modellierung mehrerer Produktvarianten in einem Produktfamilienprofil beherrschbar zu machen. Die ebenenspezifische Ausrichtung der Profile adressiert zudem die zugehörigen Schlüsselaktivitäten, da für bestimmte Aktivitäten korrelierende Informationen bereitgestellt werden (Vgl. Kapitel 5.1.2.3).

In der deskriptiven Studie II wurden die Profile zur ersten, frühen Validierung in einem Expertenworkshop angewandt und diskutiert. Die ebenenspezifischen Produktprofile sind prinzipiell anwendbar und ermöglichen eine lösungsoffene Beschreibung der Elemente auf den oberen Portfolioebenen in der frühen Phase der Produktentwicklung. Eine Vererbung von Informationen über Ebenen hinweg war innerhalb des Workshops ebenfalls möglich. Weiterführend wurden Erweiterungsmöglichkeiten vorgeschlagen und Voraussetzungen für die Anwendung der Profile in der Weiterentwicklung von Produktportfolios diskutiert.

Die Erweiterung des Beschreibungsmodells zeigt damit einen ersten Ansatz, wie Innovationspotenziale in der frühen Phase und auf verschiedenen Ebenen des Produktportfolios modelliert werden können. Da die Weiterentwicklung jedoch nicht aus freien Stücken abläuft, müssen neben den Elementen im Produktportfolio auch die Auslöser für Weiterentwicklungen modelliert werden. Dies wird im folgenden Kapitel behandelt.

6.3 Erweiterung des Beschreibungsmodells um Einflussprofile

Neben der Modellierung der Elemente und Ebenen im Produktportfolio müssen für eine Beschreibung der Weiterentwicklung ebenfalls eine Vielzahl an Einflüssen und Auslösern für eine Weiterentwicklung aufgegriffen werden (vgl. Kapitel 5.1). Das vorliegende Kapitel erweitert somit das Beschreibungsmodell um die Beschreibung von Einflüssen auf die Weiterentwicklung von Produktportfolios.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Schliffka, 2023)³.

Zur Strukturierung des Kapitels werden folgende Leitfragen (LF) gestellt:

LF1 – Wie kann ein potenzieller Einfluss auf das Produktportfolio kategorisiert und bewertet werden?

LF2 – Wie können Einflüsse auf ein Produktportfolio aufgegriffen und dargestellt werden?

Nachfolgend werden das Vorgehen zur Erweiterung des Beschreibungsmodells sowie die daraus resultierenden Ergebnisse vorgestellt.

6.3.1 Vorgehen zur Erweiterung des Beschreibungsmodells

Zur Beantwortung der ersten Leitfrage wird in Ergänzung zur Interviewstudie I (Kapitel 5.1) bestehende Literatur zu den Einflüssen auf das Produktportfolio analysiert und verschiedene Kategorien für Einflüsse auf das Produktportfolio erarbeitet. Hierzu wird unter anderem der Begriff „Einfluss“ aufgegriffen und diskutiert.

Auf Basis der deskriptiven Analyse werden eine Übersicht zur Beschreibung von Einflüssen sowie korrelierende Vorgehensschritte zur Identifikation von Einflüssen abgeleitet, welche die Darstellung und Dokumentation von Einflüssen auf das Produktportfolio verbessern sollen.

³ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

6.3.2 Beschreiben von Einflüssen auf das Produktportfolio

In vorliegendem Kapitel werden sukzessive die Elemente eines Einflussprofils als Übersichtstemplate (Abbildung 6.10) für die Modellierung von Einflüssen auf das Produktportfolio bei der Weiterentwicklung vorgestellt.

Für die Weiterentwicklung von Produktportfolios müssen mehrere Einflüsse gleichzeitig betrachtet werden. Nicht jede Umfeldveränderung, die einen Einfluss auf das Produktportfolio aufweist, führt unmittelbar zu einer Anpassung. Ferner kann nach wirkenden Einflüssen und betreffenden Einflüssen unterschieden werden. Ein wirkender Einfluss liegt vor, wenn der Einfluss ein Element oder einen Bereich betrifft und eine Veränderung erfordert. Ein betreffender Einfluss liegt vor, wenn der Einfluss ein Element oder einen Bereich betrifft, jedoch keine Veränderung erfordert. Beispielsweise wird als Einfluss eine neue Geräuschnorm für einen Laubbläser identifiziert. Der aktuelle Laubbläser A erfüllt diese jedoch bereits (betrifft den Laubbläser, hat jedoch keine Auswirkung). Laubbläser B erfüllt diese nicht (betrifft diesen und hat eine Auswirkung, da eine Änderung erforderlich ist).

Die verschiedenen Einflüsse auf das Produktportfolio (vgl. Kapitel 5.1.3.1) lassen sich in Anlehnung an Weber, Kabst und Baum (2014) in fünf Gruppen unterteilen:

- **Unternehmensbezogen:** Diese Einflüsse stammen aus dem eigenen Unternehmen und greifen die Unternehmensstrategie oder Impulse aus den verschiedenen Unternehmensbereichen auf (Unternehmensstrategie, Entwicklung, Service etc.).
- **Äußere Rahmenbedingungen:** Stellen mehrheitlich Umfeldveränderungen wie neue Gesetze, Normen oder andere Regulatorien dar (Normen, Gesetze, regulatorische Randbedingungen etc.).
- **Markt und Mitbewerber:** Greift die Aktivitäten des Wettbewerbs sowie Impulse aus dem Markt mit auf (Wettbewerbsprodukte, Ressourcen, Geschäftsmodelle etc.).
- **Technologische Aspekte:** Einflüsse mit Bezug zur genutzten Technologie inkl. Produktionstechnologie (Fertigungstechnologie, Funktionsprinzipien etc.).
- **Kundenbezogene Aspekte:** Stellen Einflüsse dar, welche unmittelbar durch den Kunden entstehen (Individualisierung, Kundenbedürfnisse etc.).

Neben der Charakterisierung der Einflüsse gilt es, das Risiko eines Einflusses auf das Produktportfolio zu bewerten, um auf einen Handlungsbedarf zu schließen. Konnte ein Einfluss identifiziert werden, kann dieser über die Kriterien „Auswirkung aufgrund des Einflusses“, „Wahrscheinlichkeit des Auftretens“ und „Dauer des Einflusses“ bewertet werden. Die Bewertung kann über einen „Risikowürfel“, siehe

Abbildung 6.7, visualisiert werden. Je größer die Auswirkung, länger die Dauer des Einflusses, höher die Eintrittswahrscheinlichkeit und näher der Eintrittszeitpunkt, desto bedeutender ist der Einfluss zu werten.

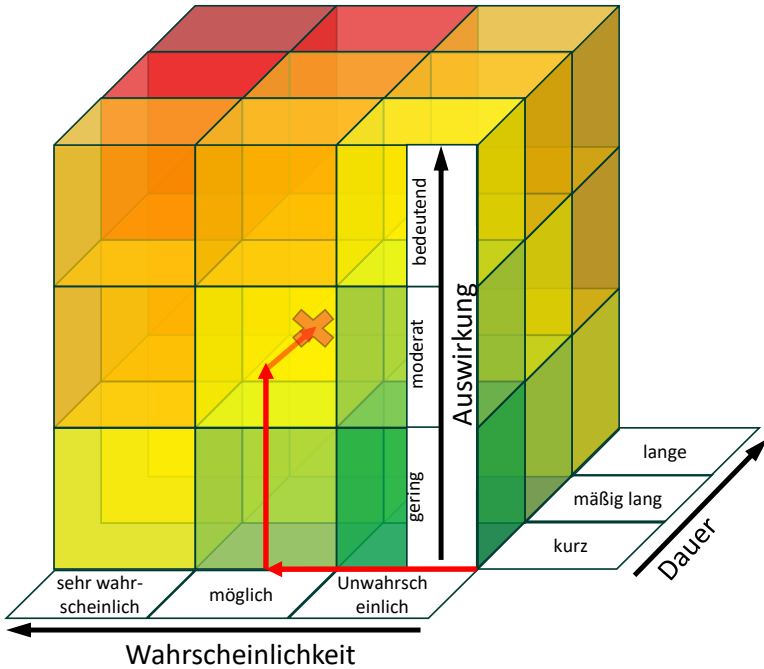


Abbildung 6.7: Der Risikowürfel zeigt von grün nach rot steigend das Risiko einzelner Einflüsse anhand von drei Kriterien auf. Darstellung adaptiert nach Schlifka (2023)⁴.

⁴ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Um die Einflüsse genauer zu adressieren, wird das Risiko eines Einflusses über folgende Gleichung 6.2 in einen Radius r überführt und in einem Einflussradar dargestellt. Entsprechend der jeweiligen Dimension Auswirkung, Dauer oder Wahrscheinlichkeit wird je nach Stufe der Dimension ein Wert von 1 bis 3 zugewiesen. Dabei sind exemplarisch geringe Auswirkungen dem Wert 1, moderate dem Wert 2 und bedeutende dem Wert 3 zugeordnet.

$$\text{Auswirkung} \in \{1 (\text{gering}), 2 (\text{moderat}), 3 (\text{bedeutend})\} \quad (6.1)$$

$$\text{Wahrscheinlichkeit} \in \{1 (\text{unwahrsch.}), 2 (\text{möglich}), 3 (\text{sehr wahrsch.})\}$$

$$\text{Dauer} \in \{1 (\text{kurz}), 2 (\text{mäßig lange}), 3 (\text{lange})\}$$

$$r = \frac{\sqrt{\text{Auswirkung}^2 + \text{Dauer}^2 + \text{Wahrscheinlichkeit}^2}}{\sqrt{3}} \quad (6.2)$$

Abbildung 6.8 zeigt die in ein Einflussradar überführten Einflüsse unter Berücksichtigung des bewerteten Risikos über den Radius r . Je größer der entsprechende Einfluss dargestellt ist, desto relevanter ist die Betrachtung des Einflusses. Je weiter die verschiedenen Auslöser vom Mittelpunkt entfernt liegen, desto weiter in der Zukunft liegt der Zeithorizont (kurz-, mittel- und langfristig) des Einflusses. Jede Farbe stellt dabei einen unterschiedlichen Einfluss dar. Die Einflüsse werden innerhalb des Einflussradars in die abgeleiteten fünf Einflusskategorien unterteilt.

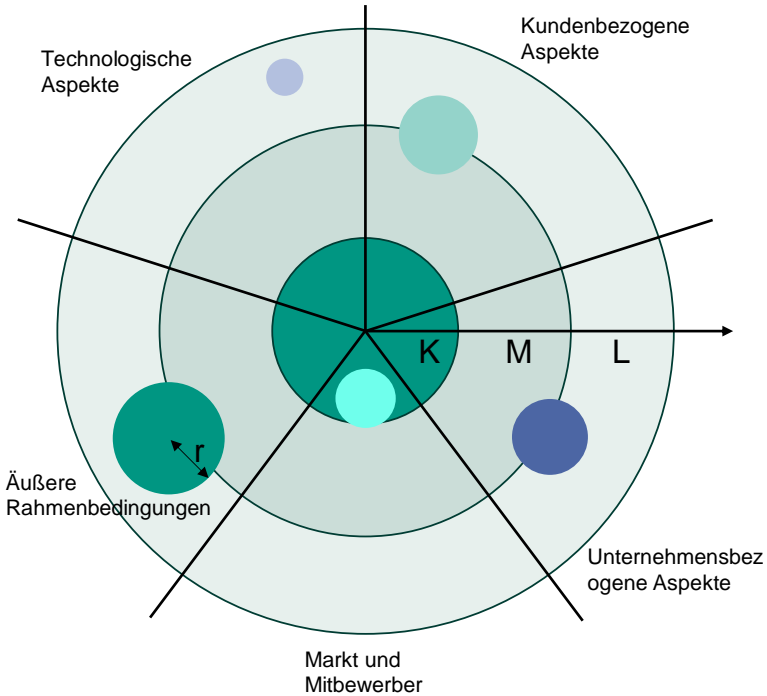


Abbildung 6.8: Die einzelnen Einflüsse, in unterschiedlichen Farben gekennzeichnet, werden unter Berücksichtigung ihres Risikos, ein höheres Risiko entspricht einem größeren Radius, sowie der Fristigkeit bis zum Eintreten K: Kurzfristig, M: Mittelfristig und L: Langfristig unterteilt. Darstellung adaptiert nach Schliffka (2023)⁵.

⁵ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Die einzelnen Einflüsse können daraufhin innerhalb des Produktportfolios verortet und den Elementen des Produktportfolios zugeordnet werden (vgl. Abbildung 6.9). Die Durchmesser der Kreise werden hier zwecks Übersichtlichkeit gleich gehalten.

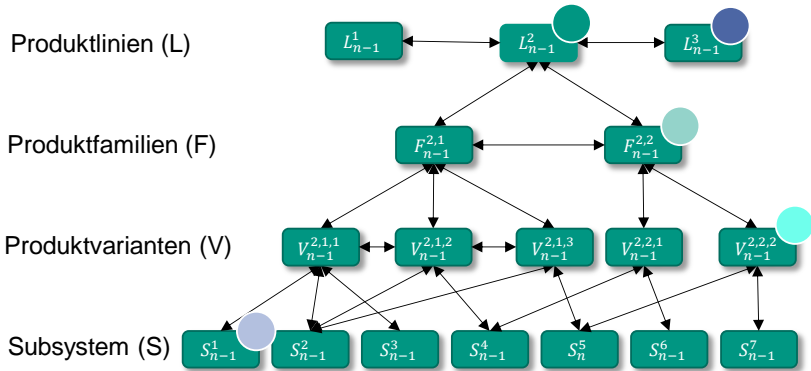


Abbildung 6.9: Verortung der verschiedenen Einflüsse an der Struktur des Produktportfolios. Die Abbildung zeigt, an welchen Stellen im Produktportfolio Einflüsse wirken und daraus resultierend ggf. Weiterentwicklungsbedarfe entstehen können. Darstellung adaptiert nach Schliffka (2023)⁶.

Die einzelnen Aspekte, wie die Ermittlung des Risikos, die zeitliche Betrachtung über das Einflussradar sowie die Verortung der Einflüsse innerhalb des Produktportfolios, werden nachfolgend in einem Einflussprofil (vgl. Abbildung 6.10) dargestellt und gemeinsam als zentrales Beschreibungselement zur Beschreibung der Einflüsse auf ein Produktportfolio aufgegriffen. Das Einflussprofil stellt damit eine Informationsgrundlage dar und dient als Entscheidungsgrundlage zum Ableiten von weiteren Schritten und Handlungsempfehlungen bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios.

⁶ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|------|------|--------|------|------------------|--------|----------------|------|--------|------|-----------------------------|
| <p>Einflussprofil:</p> <p>•Geben Sie hier den Einfluss mit einer kurzen Beschreibung ein</p> <p>Farbe: ●</p> | <p>Datum / Referenz-Nummer</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Produktlinien (L)</p> <p>Produktfamilien (F)</p> <p>Produktvarianten (V)</p> <p>Subsystem (S)</p> </div> | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Gering</td> <td style="text-align: center;">Mittel</td> <td style="text-align: center;">Hoch</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Kurz</td> <td style="text-align: center;">Mittel</td> <td style="text-align: center;">Lang</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Unwahrscheinlich</td> <td style="text-align: center;">Mittel</td> <td style="text-align: center;">Wahrscheinlich</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Kurz</td> <td style="text-align: center;">Mittel</td> <td style="text-align: center;">Lang</td> </tr> </table> | Gering | Mittel | Hoch | Kurz | Mittel | Lang | Unwahrscheinlich | Mittel | Wahrscheinlich | Kurz | Mittel | Lang | <p>Risikowürfel:</p> |
| Gering | Mittel | Hoch | | | | | | | | | | | |
| Kurz | Mittel | Lang | | | | | | | | | | | |
| Unwahrscheinlich | Mittel | Wahrscheinlich | | | | | | | | | | | |
| Kurz | Mittel | Lang | | | | | | | | | | | |
| <p>AS: Aktivsumme Der Einfluss ist: PS: Passivsumme träge, kritisch, reaktiv oder aktiv</p> | <p>Einflussradar</p> | | | | | | | | | | | | |
| <p>Weitere Informationen: Weitere während des Verfahrens gefundene Informationen können hier eingegeben werden.</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Quellen: Woher kommen die Informationen?</p> | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 6.10: Das Einflussprofil greift die Ergebnisse aus der Analyse der Einflüsse auf und dient als Beschreibungselement zur Diskussion von Einflüssen auf die Weiterentwicklung von Produktportfolios. Darstellung adaptiert nach Schlifka (2023)⁷.

6.3.3 Vorgehen zur Beschreibung der Auslöser

Um die Erarbeitung von Beschreibungselementen für die Identifikation und Bewertung von Einflüssen auf das Produktportfolio zu unterstützen, wird ein Vorgehen mit sechs Schritten erarbeitet. Das Vorgehen greift die einzelnen Beschreibungselemente sowie bestehende Methoden auf, vgl. Abbildung 6.11.

Schritt 1: Identifikation von Einflüssen auf das Produktportfolio - In diesem Schritt werden relevante Einflüsse auf das Produktportfolio mittels unternehmensinterner und -externer Quellen über verschiedene Methoden, wie beispielsweise die Vorausschau, identifiziert. Es werden für die verschiedenen Einflüsse zugehörige Einflussprofile (Abbildung 6.10) angelegt.

Schritt 2: Zuordnung und Kategorisierung der Einflüsse innerhalb des Produktportfolios - Hier wird das Produktportfolio in den Bereichen modelliert, welche durch die Einflüsse betroffen werden. Die erstellte Modellierung wird ebenfalls im Einflussprofil aufgenommen.

Schritt 3: Bestimmung von Auswirkung, Dauer, Wahrscheinlichkeit und Fristigkeit eines jeden Einflusses - Die Einflüsse werden charakterisiert, um eine Einschätzung zum erforderlichen Handlungsbedarf zu erhalten. Hierzu werden die Auswirkung, Dauer, Eintrittswahrscheinlichkeit und die Fristigkeit bis zum Eintreten bestimmt. Über den Risikowürfel als Beschreibungselement wird das Risiko visualisiert und ebenfalls im Einflussprofil aufgenommen.

Schritt 4: Überprüfung der Einflüsse auf interne Wechselwirkungen - In diesem Schritt werden potenzielle Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Einflüssen diskutiert.

Schritt 5: Abschließende Visualisierung der Erkenntnisse und Ableitung des Handlungsbedarfs – Vervollständigung des Einflussprofils als Entscheidungsgrundlage für die Reaktion auf verschiedene Einflüsse.

Schritt 6: Festlegung der nächsten Prüfung und Nachbereitung – Das Auftreten neuer Einflüsse und Abklingen von bestehenden Einflüssen machen eine regelmäßige Betrachtung der Einflüsse unerlässlich.

⁷ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

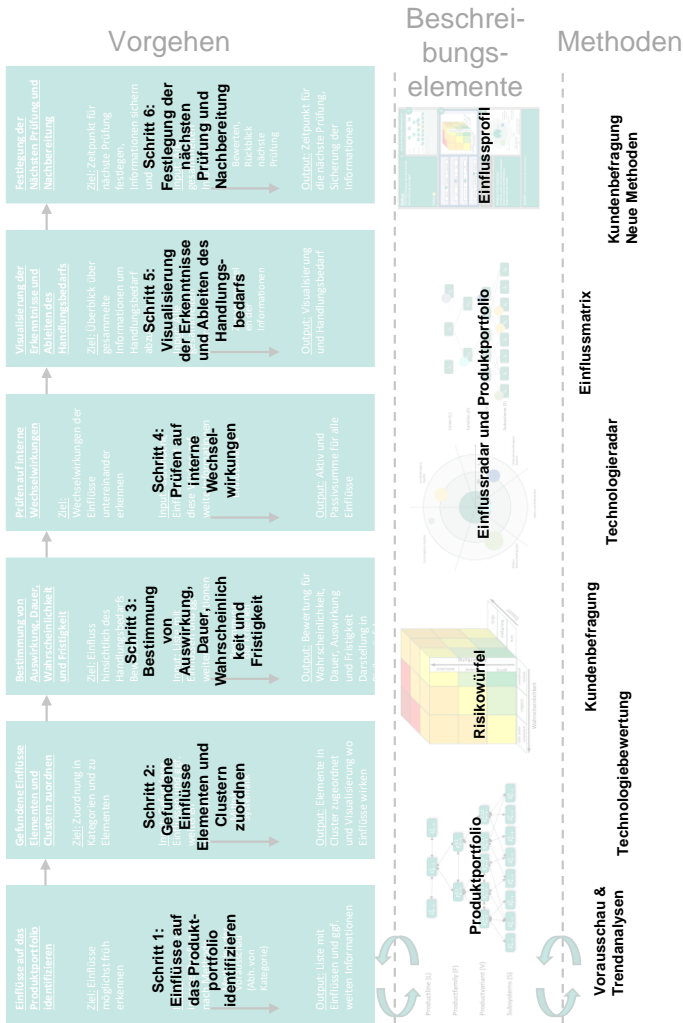


Abbildung 6.11: Vorgehensschritte zur Erarbeitung des Einflussprofils. Darstellung adaptiert nach Schliffka (2023)⁸.

6.3.4 Zwischenfazit

Die zweite Erweiterung des initialen Beschreibungsmodells aus Kapitel 6.1 fokussiert die Modellierung von Einflüssen auf das Produktportfolio. Als zentrales Inkrement wird das Beschreibungsmodell um das Einflussprofil erweitert. Das Einflussprofil greift die zur Bewertung und Verortung von Einflüssen auf das Produktportfolio erzeugten Teilergebnisse, wie die Bewertung mithilfe des Risikowürfels und der Visualisierung über ein Einflussradar, auf. Korrelierend mit den Inkrementen im Beschreibungsmodell werden bereits Aktivitäten im Hinblick auf das zu entwickelnde Vorgehensmodell skizziert. In Kapitel 7.2 werden die Beschreibungselemente im Vorgehensmodell mit aufgegriffen und im Rahmen der Workshops in Kapitel 7.4 und Kapitel 7.5 angewandt. Damit ist die Grundlage geschaffen, Einflüsse auf das Produktportfolio im Hinblick auf die Weiterentwicklung zu modellieren.

⁸ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

6.4 Retrospektive Modellierung zur Evaluation des Beschreibungsmodells

Um die Anwendbarkeit des Beschreibungsmodells zu überprüfen, soll in vorliegendem Kapitel eine retrospektive Modellierung mithilfe des erarbeiteten Beschreibungsmodells vorgenommen werden. Ziel ist es, exemplarisch die zeitliche und räumliche Beschreibung der Weiterentwicklung aufzuzeigen.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Streib, 2024)⁹.

Als Leitfrage (LF) wird für vorliegende Studie folgende Frage formuliert:

LF – Inwiefern kann mit dem erarbeiteten Beschreibungsmodell eine Modellierung der Weiterentwicklung von Produktportfolios anhand eines retrospektiven Fallbeispiels durchgeführt werden?

6.4.1 Vorgehen

Um das Ziel der vorliegenden Studie zu erreichen, wird zunächst die zweidimensionale Modellierung aus Kapitel 6.1.3 auf eine dreidimensionale Modellierung über die Produktportfoliostruktur, die Ebenen des Produktportfolios sowie den zeitlichen Verlauf erweitert. Weiter werden drei Sichten eingeführt, um situationsbezogen die dreidimensionale Modellierung auf die für die Entwicklungsaktivität relevanten Inhalte zu reduzieren. Nachfolgend wird eine retrospektive Modellierung des Produktportfolios des Unternehmens John Deere vorgenommen. Die gezeigte Modellierung anhand des Unternehmens stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit in der Abbildung des Unternehmensportfolios und der korrelierenden Ursachen dar, sondern soll vielmehr einem exemplarischen Charakter folgend die Anwendung des Modellierungsansatzes aufzeigen. Die Modellierung erfolgt ohne unternehmensinterne oder vertrauliche Informationen.

6.4.2 Ergebnisse aus der Modellierung

Zentrales Ergebnis der Modellierung ist die in Abbildung 6.12 gezeigte dreidimensionale Übersicht über die Weiterentwicklung des Produktportfolios des Unternehmens John Deere im Zeitraum von 2007 bis 2026. Die Betrachtung findet aus der

⁹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Perspektive des Jahres 2024 statt. Auf Basis der nachfolgenden Übersicht können anschließend drei Sichten entsprechend den markierten Schnitten in der Abbildung 6.12 abgeleitet werden.

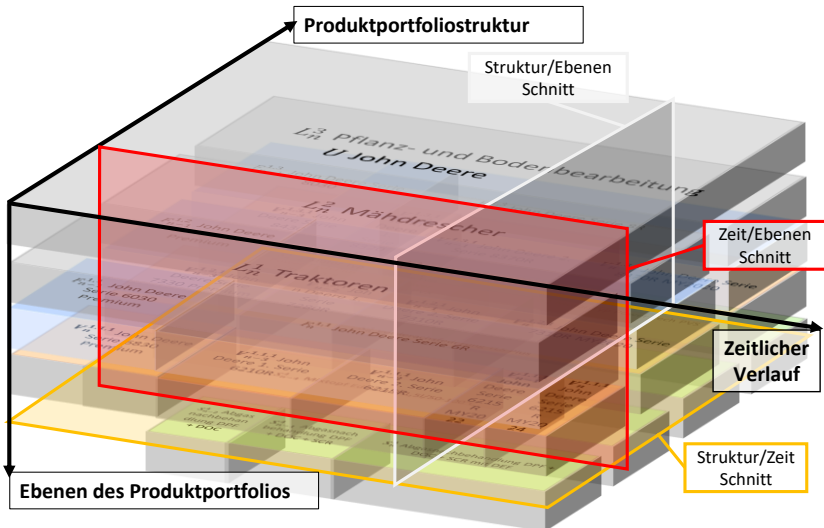


Abbildung 6.12: Übersicht über die zeitliche und räumliche Weiterentwicklung des Produktportfolios. Die Vielzahl der übereinanderliegenden Produktportfolioelemente macht eine Betrachtung in einzelnen Sichten durch nachfolgende Abbildungen erforderlich. Rot: Zeitliche Entwicklung eines Produktportfoliostrukturausschnitts. Gelb: Zeitliche Weiterentwicklung einer spezifischen Ebene. Grau: Ansicht aktueller Produktportfoliostruktur zu einem spezifischen Zeitpunkt. Darstellung adaptiert nach Streib (2024)¹⁰.

Die exemplarische Ableitung eines Ausschnitts des Produktportfolioaufbaus im Jahr 2024 ist in Abbildung 6.13 zu sehen. Das Unternehmen ist in den Branchen der Forstwirtschaft, Bauwirtschaft, dem Garten- und Landschaftsbau sowie der Landwirtschaft tätig (John Deere, 2024). Der Fokus der weiteren Modellierung liegt auf dem Bereich der Landmaschinen und insbesondere dem Bereich der Traktoren.

¹⁰ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

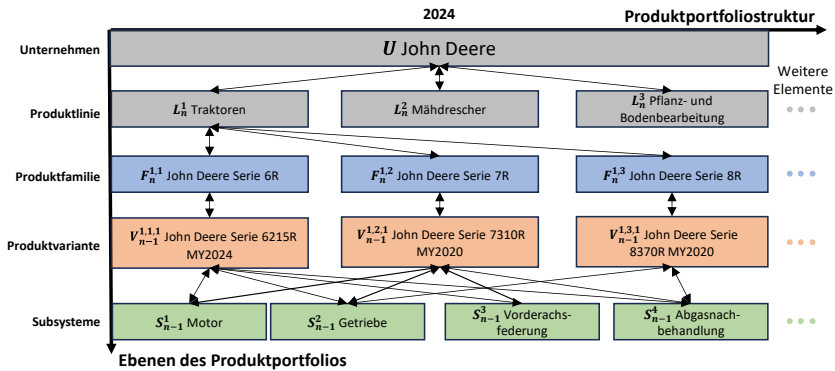


Abbildung 6.13: Schnitt des Produktportfolios (graue Ebene in Abbildung 6.12) zeigt den Aufbau des Produktportfolios zum Zeitpunkt 2024. Die Modellierung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Darstellung adaptiert nach Streib (2024)¹¹.

Die zeitliche Entwicklung über die Ebenen des Produktportfolios ist in Abbildung 6.14 modelliert. Ein entscheidender Einfluss bei der Weiterentwicklung sind die Anforderungen an die Emissionen durch Anpassungen der Abgasnormen (Stirnemann & Engelmann, 2017). So wurde, unter anderem auf die Anpassung in der Abgasaufbereitung zurückzuführen, 2011 eine neue Produktfamiliengeneration eingeführt (Serie 6R), da der geforderte Grenzwert durch die Abgasstufe IIIB alle Produktvarianten der vorherigen Produktfamilie (Serie 6030 Premium) betrifft. Die Betrachtung auf Produktvariantenebene innerhalb der Produktfamilie zeigt das Ablösen der alten Produktvariantengeneration $G_{i=i:n-5}$ (6830 Premium) durch den Nachfolger 6210R, welcher eine annähernd identische Motorleistung aufweist. Diese Produktvarianten wurden weiter 2014 durch die 2. Serie (6215R) ersetzt, da wiederholt eine neue Abgasnorm eine Verbesserung der Abgasstufe auf Stufe IV erforderlich machte. In den Jahren 2022 und 2024 wurden weitere Produktgenerationen an den Markt gebracht, welche hinsichtlich des Komforts sowie des Einsatzes für Mischbetrieb und Transport optimiert wurden (Feuerborn, 2021; Göggerle, 2023). Die Produktabbau- und Entwicklungszeiträume in Abbildung 6.14 beruhen lediglich auf einer Abschätzung. Hinsichtlich des Zwecks der exemplarischen Anwendung des Beschreibungsmodells ist der exakte und tatsächliche Entwicklungszeitraum nicht entscheidend, darf jedoch nicht missverständlich als exakte Angabe verstanden werden.

¹¹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

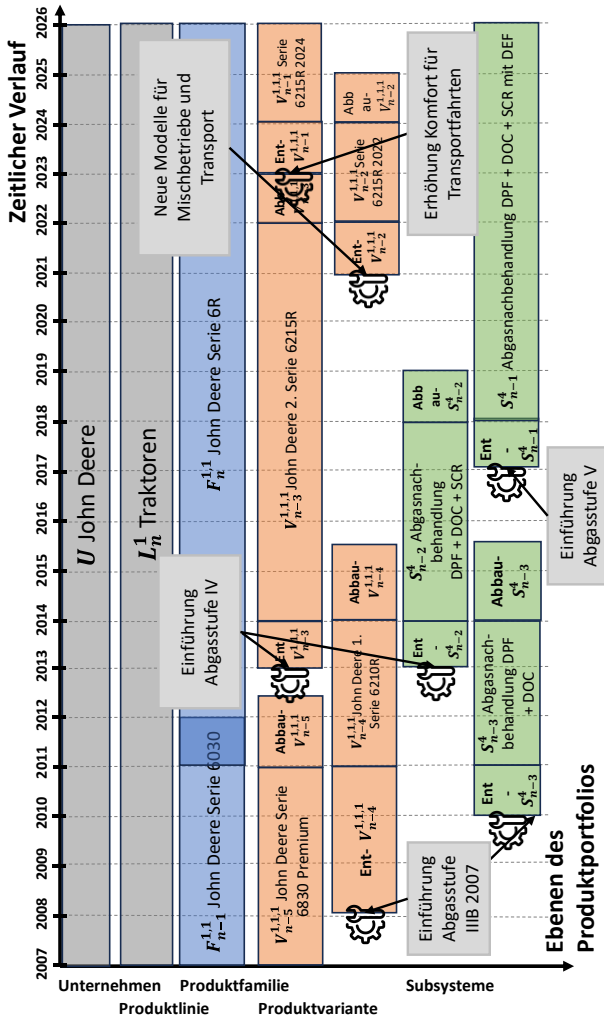


Abbildung 6.14: Der Schnitt entlang der Zeit- und Ebenen-Achse (rote Ebene in Abbildung 6.12) zeigt die Weiterentwicklungen in einem Bereich des Produktportfolios von Traktoren des Unternehmens John Deere. Die Modellierung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Darstellung adaptiert nach Streib (2024)¹².

Die Anpassungen an den Subsystemen können über den Subsystemschnitt in der nachfolgenden Abbildung 6.15 überblickt werden. Die Modellierung wurde hier lediglich für ausgewählte Teilsysteme entsprechend dem Fokus auf der Veränderung durch die Abgasnorm durchgeführt.

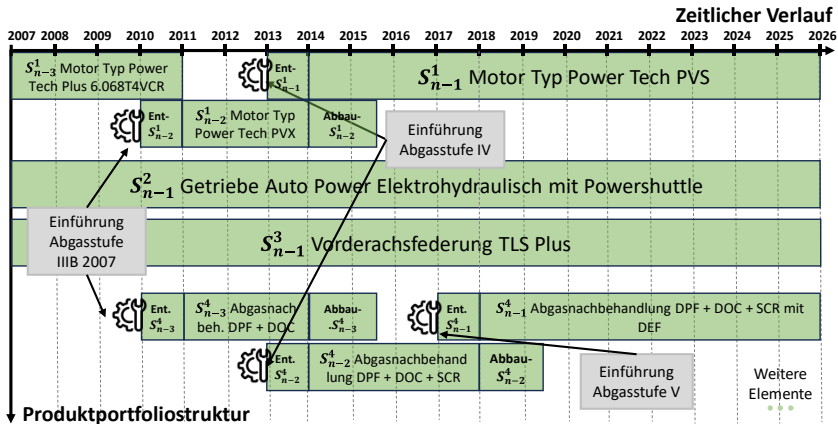


Abbildung 6.15: Schnitt auf Ebene der Subsysteme. Die Ansicht zeigt, zu welchen Zeitpunkten welche Einflüsse eine Anpassung der Subsysteme hervorgerufen haben (gelbe Ebene in Abbildung 6.12). Die Modellierung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Darstellung adaptiert nach Streib (2024)¹³.

6.4.3 Zwischenfazit

In vorliegendem Kapitel konnte die Modellierung der Weiterentwicklung eines Produktportfolios unter Verwendung des Beschreibungsmodells auf Basis der SGE - Systemgenerationsentwicklung exemplarisch aufgezeigt werden. Das Beispiel zeigt die Modellierung des Produktportfolios in Generationen. Inwiefern die Modellierung durch dritte Anwendende, welche nicht mit dem Beschreibungsmodell vertraut sind, vorgenommen werden kann, wird in folgendem Kapitel untersucht.

¹² Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

¹³ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

6.5 Anwendung des Beschreibungsmodells in der Maschinenkonstruktionslehre IV

Ziel der Studie ist es, das erarbeitete Beschreibungsmodell in der Lehrveranstaltung „Maschinenkonstruktionslehre IV“ (Kapitel 4.5.3) mit Studierenden des vierten Semesters im Bachelor Maschinenbau am KIT anzuwenden, um zu untersuchen, inwiefern das Modell verstanden und zur Strukturierung von Produktportfolios genutzt werden kann. Die Studie liefert damit einen Beitrag zur Beantwortung der FF3.1 (Kapitel 3.4).

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel, Kempf, Pfaff & Albers, 2025).

Es werden folgende Leitfragen (LF) in Anlehnung an die Design Research Methodology (Blessing & Chakrabarti, 2009) gestellt, um das Ziel der Studie zu erreichen:

LF1 – Welche Anforderungen und Randbedingungen stellen der Forschungsansatz und das Forschungsumfeld an die Erstellung eines Evaluationskonzeptes?

LF2 – Wie kann ein Workshop zur Evaluation eines ersten deskriptiven Modells gestaltet werden?

LF3 – Inwieweit ist das abgeleitete Workshopkonzept geeignet, das deskriptive Modell zu evaluieren und welche Schlussfolgerungen lassen sich daraus ziehen?

Nachfolgend wird das Vorgehen zur Beantwortung der Leitfragen vorgestellt.

6.5.1 Vorgehen zur Durchführung der Evaluation

Das Vorgehen innerhalb der Studie ist in Abbildung 6.16 dargestellt und greift ebenfalls die Forschungsstadien nach Blessing und Chakrabarti (2009) auf.

Im Rahmen der DS I werden zum einen die Randbedingungen der Lehrveranstaltung als Forschungsumgebung hinsichtlich der Gestaltung und Durchführung des Workshops erarbeitet. Zum anderen werden Anforderungen an die Evaluation des Beschreibungsmodells als zu evaluierender Forschungsgegenstand bestimmt.

Auf Basis der Anforderungen und Randbedingungen an die Evaluation des Beschreibungsmodells wird in der präskriptiven Studie ein Workshopkonzept zur

Anwendung des Beschreibungsmodells entwickelt. In der DS II wird das erarbeitete Workshopkonzept mit 135 Teilnehmenden durchgeführt. Die Evaluation des Ansatzes erfolgt über eine Beobachtungsstudie durch die betreuenden Saalassistentinnen und Saalassistenten, Tutorinnen und Tutoren sowie über eine anonyme Befragung der Teilnehmenden.

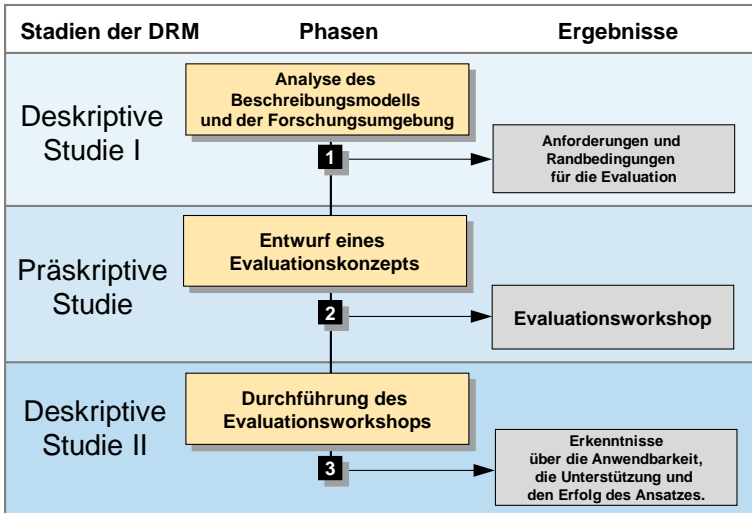


Abbildung 6.16: Vorgehen zur Evaluation des Beschreibungsmodells. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Pfaff und Albers (2025).

Nachfolgend werden entlang des Forschungsaufbaus in Abbildung 6.16 die Ergebnisse vorgestellt.

6.5.2 Anforderungen und Randbedingungen an ein Workshopkonzept

Ziel des Workshopkonzeptes ist die Evaluation des Beschreibungsmodells. Um dieses Ziel erreichen zu können, müssen neben den Anforderungen an die Evaluation (A) auch die Randbedingungen (R) durch die Lehrveranstaltung als Forschungsumfeld berücksichtigt werden. In Anlehnung an die DRM (Blessing & Chakrabarti, 2009) sollen Aussagen über die Anwendbarkeit (A1), Aussagen, inwieweit das Vorgehen praktikabel ist (A2), sowie Aussagen, inwieweit das Vorgehen die Bewältigung der Aufgabe unterstützt und eine Verbesserung der Ergebnisse hervorbringt (A3), untersucht werden. Im zweiten Projektmeilenstein ist

eine Zeit von 30 Minuten (R1) für die Forschungsaufgabe vorgesehen. Dies erfordert eine starke Vereinfachung des Beschreibungsmodells und der Themenstellung. Weiter befinden sich die Studienteilnehmenden im Grundstudium und haben im Durchschnitt keine Vorerfahrungen im Bereich des Produktportfoliomanagements (R2), was im Gegensatz zur späteren Anwendung im Unternehmen steht. Die Gruppengröße ist auf 4-5 Personen festgelegt (R3).

6.5.3 Gestaltung des Workshopkonzeptes

Für die Gestaltung des Workshops wird ein Test- und Kontrollgruppendesign gewählt (vgl. Abbildung 6.17). Zu Beginn wird das Workshopkonzept mit den ersten zwei Blöcken, A und B, ohne Methodik durchgeführt. Die Testgruppen stellen die Blöcke C und D dar. Der Aufbau verhindert, dass Elemente des Beschreibungsmodells von den Test- an die Kontrollgruppen kommuniziert werden.

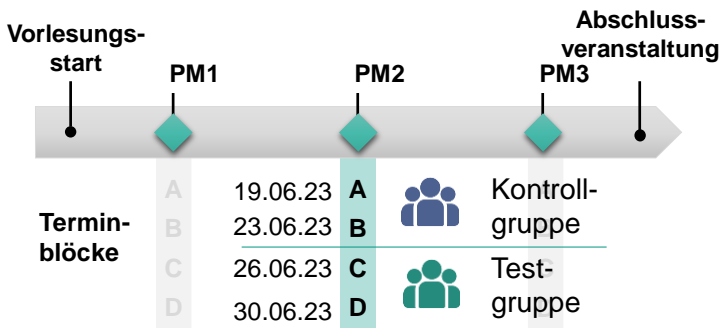


Abbildung 6.17: Aufteilung der Teilnehmenden in Test- und Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe wird bewusst auf die A- und B-Blöcke gelegt. Die Methodik kommt erst innerhalb der Terminblöcke C und D zum Einsatz, um eine ungewollte Kommunikation der Methodik von Test- auf Kontrollgruppe zu verhindern. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Pfaff und Albers (2025).

Die inhaltliche Gestaltung des Evaluationsworkshops erfolgte über eine Aufgabenmappe (Abbildung D.5, Anhang D). Der Evaluationsworkshop behandelt die Weiterentwicklung von mehreren Produkten in Form eines fiktiven Produktportfolios eines Landmaschinenherstellers. Die Aufgabenmappe beinhaltet eine Einleitung, Aufgabenbeschreibung, grundlegende Umfeld-Informationen sowie einen Abschnitt zur Methodik, in welchem das Beschreibungsmodell erläutert wird. Abschließend wird in der Aufgabenmappe die anonyme online Umfrage aufgegriffen. Der Umfang der Aufgabenstellung für die Testgruppe umfasste 16

Seiten. Die Kontrollgruppe erhält die identische Aufgabenmappe (7 Seiten) mit Ausnahme des Abschnitts zur Methodik, welcher weitere 9 Seiten umfasst. Eine detailliertere Beschreibung der Evaluationsaufgabe selbst ist in Anhang D zu finden.

6.5.4 Ergebnisse aus der Durchführung des Workshopkonzeptes

Die Durchführung erfolgte mit insgesamt 160 Studierenden und 26 TutorInnen und Tutoren. Von den gesamten Teilnehmenden nahmen 135 Studierende sowie 26 TutorInnen und Tutoren, wie in Abbildung 6.18 dargestellt, an der Umfrage teil.

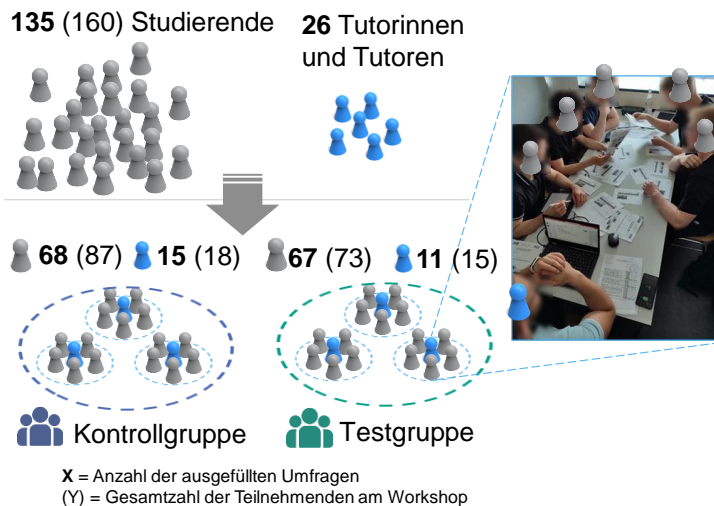


Abbildung 6.18: Aufteilung der Teilnehmenden in Test- und Kontrollgruppe. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Pfaff und Albers (2025).

Die Ergebnisse der online Umfrage sind nachfolgend in Abbildung 6.19 dargestellt. Ergänzend zu den Bewertungen der einzelnen Evaluationsfragen gaben die Teilnehmenden über Freitextfelder Anmerkungen zur Evaluation, diese finden sich in Anhang D.

Die Selbsteinschätzung der Studierenden in Abbildung 6.19 zeigt keine signifikante Verbesserung durch den Einsatz des Beschreibungsmodells. Die Studierenden, welche die Aufgabenstellung inklusive der Methodik durchführten, sind tendenziell stärker überfordert im Vergleich zu den Studierenden ohne Methodik. Außerdem

wird die Lese- und Bearbeitungszeit von der Gruppe mit Methodik als unzureichender bewertet und in Aussagen kritisiert (Anhang D).

Ergebnisse der Umfrage

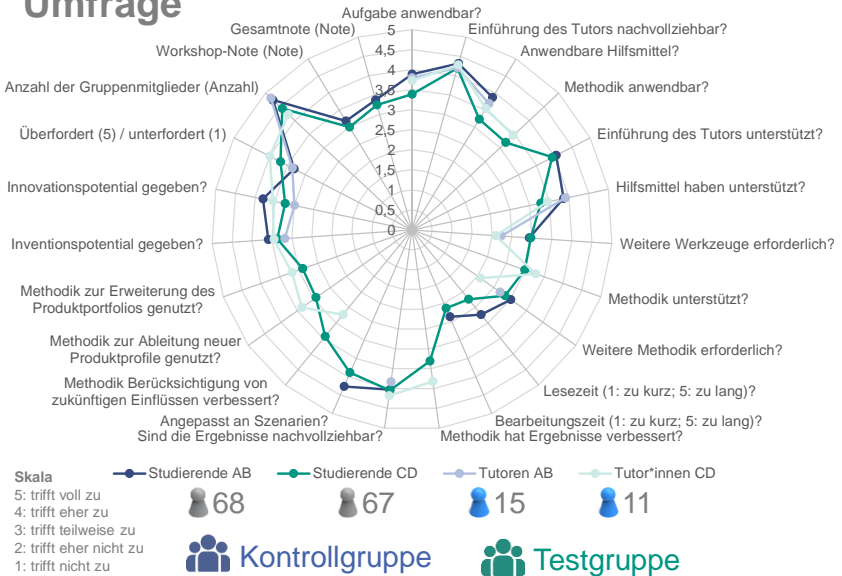


Abbildung 6.19: Die Ergebnisse der anonymen online Befragung zeigen keine signifikante Verbesserung in der Selbsteinschätzung zwischen der Testgruppe mit methodischer Unterstützung gegenüber der Kontrollgruppe ohne Methodik. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Pfaff und Albers (2025).

Weiterführend liefern die Ergebnisse eine Grundlage zur **nachfolgenden Interpretation** sowie zur **Diskussion** der Ergebnisse und Ableitung von Problemfeldern (P) und Erkenntnissen (L) in Bezug auf den Evaluationsworkshop.

Das Beschreibungsmodell soll in Unternehmen über Jahre begleitend bearbeitet werden (vgl. Interviewstudie I (Kapitel 5.1)). Aufgrund der Rahmenbedingungen der Lehrveranstaltung ist es jedoch nur möglich, einen kurzen Ausschnitt zu betrachten. Daher ist die Aufgabenstellung im Vergleich zur Praxis stark vereinfacht worden. Die Evaluation wurde dennoch in einer Lehrveranstaltung mit Live-Lab Charakter durchgeführt, da ein Test- und Kontrollgruppendesign, bei dem 160 Teilnehmende

die gleiche Aufgabe unter gleichen Bedingungen bearbeiten, in der Industrie nicht möglich gewesen wäre (vgl. Walter et al., 2016).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Methodik nach Ansicht der Teilnehmenden zu keiner Verbesserung in der Unterstützung, Anwendung sowie dem Erfolg führt. Teilnehmende berichten jedoch, dass der Ansatz grundsätzlich verstanden wurde und in Teilen anwendbar war. Indikatoren für Ursachen lassen sich in den Evaluationsergebnissen sowie dazugehörigen Aussagen finden (vgl. Anhang D). Die Aussagen der Teilnehmenden sowie die Selbsteinschätzung deuten darauf hin, dass die Bearbeitungszeit des Evaluationskonzeptes für die Aufgabenstellung zu kurz gewählt wurde (P1). So empfindet die Testgruppe gegenüber der Kontrollgruppe die Lesezeit als unzureichender, was mitunter auf die zusätzlichen 9 Seiten der Aufgabenstellung zurückzuführen ist. Um die Vergleichbarkeit zwischen beiden Gruppen zu gewährleisten, könnte beispielsweise die Bearbeitungszeit entsprechend dem zusätzlichen Zeitaufwand für das Lesen der Methodik (L1) verlängert werden, sofern dies die Randbedingungen zulassen.

Der Live-Lab-Charakter der Lehrveranstaltung wirkt sich jedoch nicht nur auf die zeitliche Randbedingung aus, sondern auch auf die Erfahrung der Teilnehmenden. Die Teilnehmenden bestritten die Aufgabe ohne Vorkenntnisse über das Produktportfolio des fiktiven Unternehmens oder das Portfoliomanagement. In der Anwendung im Unternehmen ist in beiden Bereichen Vorwissen zu erwarten. Die Gestaltung des Unterstützungsansatzes unterscheidet sich hinsichtlich der Anwendung mit Teilnehmenden einer Lehrveranstaltung, Studierenden im vierten Semester und Produktmanager*innen mit abgeschlossenem Studium und ggf. erster Berufserfahrung (P2). Daher muss der Erfahrungsunterschied zwischen Studienteilnehmenden und späteren Anwendenden möglichst gering ausfallen, um valide Evaluationsergebnisse zu erhalten (L2).

Weiterführend zeigt die Zusammensetzung der Gruppen Unterschiede auf. Zum Beispiel fällt die Gruppengröße in der Testgruppe gegenüber der Kontrollgruppe durchschnittlich kleiner aus (P3) (Kontrollgruppe 4,75 / Testgruppe 4,43 Personen pro Gruppe). Ebenfalls liegen bei den erbrachten Leistungen im Workshop Unterschiede zwischen der Test- und Kontrollgruppe von 3,17 von 4 möglichen Punkten in der Kontrollgruppe zu 3,01 Punkten in der Testgruppe vor (P4) (Abbildung 6.20). Wichtig anzumerken ist, dass die vergebenen Punktzahlen über den gesamten Workshop hinweg mehrheitlich (93 %) zwischen drei und vier Punkten liegen. Verstärkend kommt hinzu, dass alle Auszeichnungen für herausragende Leistungen ebenfalls durch Teilnehmende der Kontrollgruppe erreicht wurden. Dies deutet darauf hin, dass es Unterschiede in der Leistungsbereitschaft zwischen Test- und Kontrollgruppe gibt. Daher sollte in

zukünftigen Studien im Test- und Kontrollgruppendesign eine gleichmäßige Verteilung vorgenommen werden (L4).

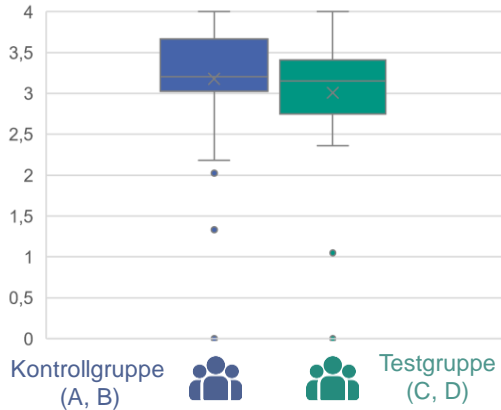


Abbildung 6.20: Die erreichten Punkte im regulären Workshop der MKL-IV zeigen eine Tendenz in der Leistungsbereitschaft zwischen Test- und Kontrollgruppe.

6.5.5 Zwischenfazit

Es lässt sich festhalten, dass durch die Einführung der methodischen Unterstützung in der Testgruppe gegenüber der Kontrollgruppe keine signifikante Verbesserung in der Unterstützung, Anwendbarkeit oder dem Erfolg beobachtet werden konnte. Einzelne Aussagen zeigen Tendenzen auf, dass mit einem weniger komprimierten Evaluationsworkshop die Methodik eventuell anwendbar wäre (Anhang D). Die Evaluationsergebnisse zeigen Indikatoren für Problembereiche in der Konzeptionierung der Evaluation selbst auf. So behandelt der Workshop die komplexe Thematik stark verkürzt (P1), die Erfahrung der Teilnehmenden divergiert von den späteren Anwendenden (P2), es liegen Leistungsunterschiede in Test- und Kontrollgruppe vor (P3) sowie unterschiedliche Gruppengrößen (P4). Die vorliegende Studie wird daher als nicht repräsentativ für die Bewertung eines unternehmensorientierten Beschreibungsansatzes gewertet. Als übergreifende Erkenntnis kann festgehalten werden, dass ein Evaluationsaufbau mit Studierenden nicht zwingend für komplexe Elemente geeignet ist. Die Ergebnisse zeigen, dass für den vorliegenden Forschungsgegenstand eine Evaluation im Unternehmenskontext erforderlich ist. Daher soll das Beschreibungsmodell in zukünftigen Studien näher am Unternehmenskontext mit Anwendenden aus Unternehmen in einem erweiterten zeitlichen und inhaltlichen Umfang evaluiert werden (vgl. Kapitel 8).

6.6 Fazit zur Erarbeitung des Beschreibungsmodells zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios

Innerhalb des Kapitels 6 wurde in fünf aufeinander aufbauenden Studien ein Beschreibungsmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios erarbeitet (Abbildung 6.21). Aufbauend auf dem initialen Beschreibungsmodell in Kapitel 6.1 wurde der Bedarf an einer komplexeren Modellierung in Kapitel 6.2 durch die Erarbeitung von ebenspezifischen Produktprofilen aufgegriffen. Das Beschreibungsmodell wurde in Kapitel 6.3 um die Modellierung von Einflüssen auf das Produktportfolio erweitert. In Kapitel 6.4 konnte erfolgreich anhand eines retrospektiven Fallbeispiels eine Modellierung mithilfe des Beschreibungsmodells vorgenommen werden, was die grundsätzliche Übertragbarkeit des Beschreibungsmodells zeigt. In Kapitel 6.5 führte die Anwendung des Beschreibungsmodells in einer Lehrveranstaltung zu keiner Unterstützung der Entwickelnden. Es sind Anzeichen zu erkennen, dass das Evaluationskonzept zu stark verkürzt wurde und die Studie nicht als valide angesehen werden kann. In den Kapiteln 7.4, 7.5 und 8 wird das Beschreibungsmodell in weiteren Validierungsaktivitäten mit näherem Unternehmensbezug aufgegriffen.

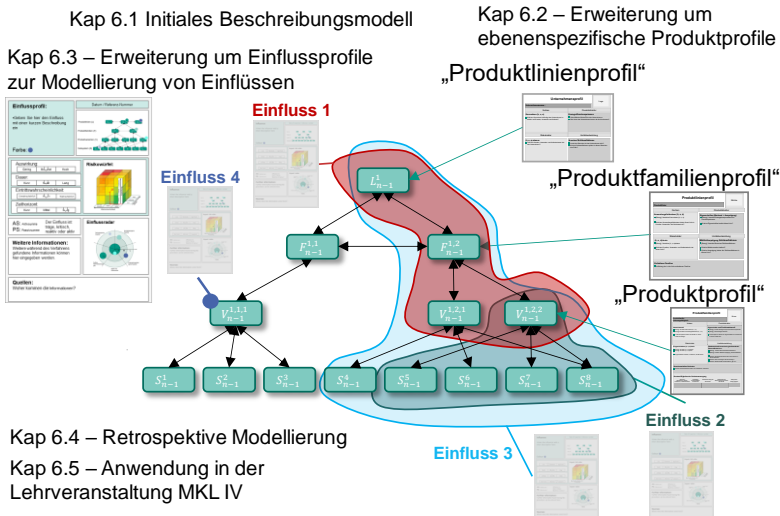


Abbildung 6.21: Übersicht über das Zusammenspiel der Kernergebnisse der einzelnen Studien in Kapitel 6.

7 Entwicklung eines Vorgehensmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios

In Ergänzung zu dem Beschreibungsmodell in Kapitel 6 besteht nach der Interviewstudie in Kapitel 5.1 ebenfalls der Bedarf an einem Vorgehensmodell zur Unterstützung der Weiterentwicklung von Produktportfolios. Das vorliegende Kapitel leistet damit einen Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfragen FF2.1 sowie FF2.2 (Kapitel 3.4). Im vorliegenden Kapitel soll hierzu in Kapitel 7.1 das grundlegende Vorgehen erarbeitet werden. Das Vorgehen wird in Kapitel 7.2 in der initialen Phase erweitert. Kapitel 7.3 ergänzt um Visualisierungen in einer Produktlandkarte. In Kapitel 7.4 und 7.5 wird das Vorgehensmodell in ein Workshopkonzept überführt und in dem Live-Lab IP - Integrierte Produktentwicklung IP23/24 sowie IP24/25 angewandt und evaluiert.

7.1 Erarbeitung eines initialen Vorgehensmodells

Ziel der nachfolgenden Studie ist es, Produktentwickelnde beim Finden neuer Innovationspotenziale in der Weiterentwicklung von Produktportfolios unter Berücksichtigung verschiedener Einflüsse zu unterstützen. Um das genannte Ziel zu erreichen, wird im Rahmen der vorliegenden Studie ein Prozessmodell zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios entwickelt. Dieses Prozessmodell soll helfen, systematisch Einflüsse auf das Produktportfolio und den daraus resultierenden Anpassungsbedarf des Produktportfolios zu identifizieren. (Schlegel, Pommerer et al., 2024)

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel, Pommerer et al., 2024) und waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Pommerer, 2023)¹.

¹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Folgende Leitfragen werden zur Erreichung der Zielsetzung formuliert:

LF1 – Welche Anforderungen bestehen an ein Vorgehensmodell für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios? (DS I)

LF2 – Wie kann ein Vorgehensmodell gestaltet werden, welches die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios unterstützt? (PS)

LF3 – Inwieweit unterstützt das entwickelte Vorgehensmodell die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios? (DS II)

Nachfolgend werden die durchgeführten Aktivitäten zur Erarbeitung eines Vorgehensmodells erläutert sowie darauf aufbauend die Ergebnisse vorgestellt.

7.1.1 Vorgehen

Zur Erreichung der Zielsetzung und Beantwortung der Leitfragen wird nachfolgend in Anlehnung an die Design Research Methodology vorgegangen (Abbildung 7.1).

Im Rahmen der deskriptiven Studie I (DS I) werden Anforderungen an ein Vorgehensmodell aus der Sicht der Literatur sowie der Unternehmenspraxis ermittelt. Auf Basis einer Literaturrecherche zu aktuellen Modellen und Systemen zur Weiterentwicklung von Produktportfolios, aufbauend auf der systematischen Literaturrecherche in Kapitel 5.2, werden die zugrundeliegenden Zusammenhänge und bestehenden Modelle im Bereich der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produkten in der Theorie analysiert. Ergänzt wird die literaturbasierte Datenerhebung durch die Einbeziehung der Unternehmenspraxis über die Analyse von zwei Interviewstudien mit insgesamt 17 Unternehmen. (Interviewstudie I (Kapitel 5.1) und Interviewstudie II (Kapitel 5.4)). Um Leitfrage 1 zu beantworten, werden Anforderungen an ein Vorgehensmodell für eine robuste Weiterentwicklung von Produktportfolios aus Theorie und Praxis abgeleitet (Kapitel 7.1.2).

Auf Grundlage der in der Analyse abgeleiteten Erkenntnisse und Anforderungen an die Weiterentwicklung von Produktportfolios wird in der präskriptiven Studie (PS) ein initiales Prozessmodell für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios entwickelt. Das Vorgehensmodell wird daraufhin in einem interaktiven online Leitfaden operationalisiert (Kapitel 7.1.3).

Mithilfe des Leitfadens wird das Vorgehensmodell in der deskriptiven Studie II (DS II) in zwei Stufen evaluiert und angewandt (Kapitel 7.1.4). Der Fokus der Evaluation liegt dabei auf der Anwendbarkeit sowie dem Unterstützungspotenzial bei der Ableitung von Innovationspotenzialen in der Weiterentwicklung von Produktportfolios.

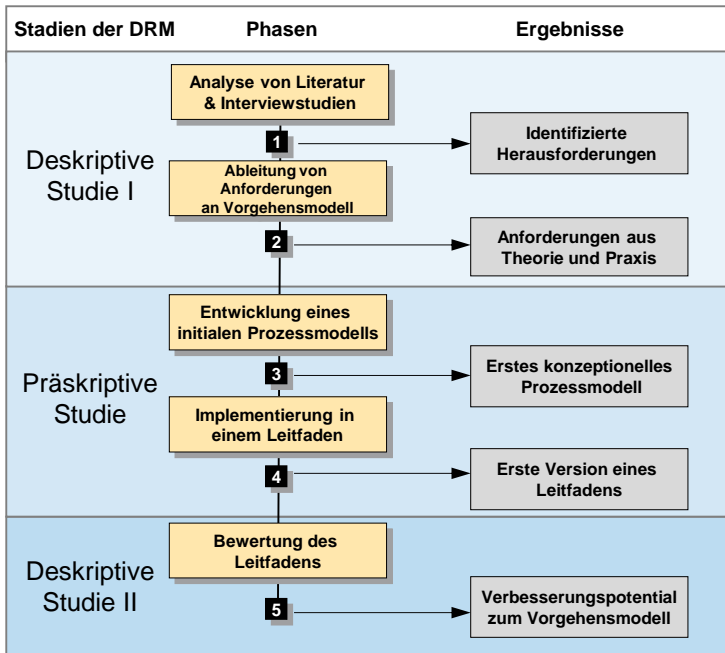


Abbildung 7.1: Vorgehen zur Erarbeitung des initialen Vorgehensmodells. Die Abbildung zeigt zentrale Phasen und korrelierende Ergebnisse. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Pommerer et al. (2024).

7.1.2 Anforderungen an ein Vorgehensmodell

Wie die systematische Literaturrecherche in Kapitel 5.2 zeigt, konnte für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios kein bestehender Ansatz gefunden werden, welcher die erforderlichen Bereiche der strategischen Produktplanung des Produktportfoliomanagements sowie des Entwickelns auf Basis von Referenzen nach dem Modell der SGE kombiniert. Jedoch können aus der Literatur sowie den identifizierten Ansätzen Anforderungen für die Erarbeitung eines Unterstützungsansatzes zur Weiterentwicklung von Produktportfolios gewonnen werden. Insgesamt wurden 114 Anforderungen aus der Literatur abgeleitet, welche in einem nächsten Schritt in 14 literaturbasierte Cluster (L) kategorisiert wurden. Tabelle 7.1 zeigt die erarbeiteten Anforderungscluster.

Tabelle 7.1: 14 zentrale Anforderungscluster für die Entwicklung eines Vorgehensmodells aus der Literatur. (Vgl. Schlegel, Pommerer et al., 2024)

| Nr | Name des Clusters | Quelle |
|-----|---|--|
| L1 | Bestimmung des Risikos | (Albers, Rapp et al., 2017), (Albers, Dumitrescu et al., 2018) |
| L2 | Analyse des Ist-Zustandes | (Albers, Marthaler et al., 2022), (Doorasamy, 2015), (Gausemeier et al., 2019), (Schlegel, Just, Wiederkehr et al., 2024), (Graner, 2016), (Herstatt & Verworn, op. 2007) |
| L3 | Planung in Generationen | (Albers et al., 2019), (Albers, Marthaler et al., 2022), (Albers, Rapp et al., 2017), (Albers, Dumitrescu et al., 2018), (Gausemeier et al., 2019), (Schlegel, Just, Wiederkehr et al., 2024), (Krause & Gebhardt, 2023) |
| L4 | Antizipation der Zukunft | (Albers, Marthaler et al., 2022), (Gausemeier, 2013), (Gausemeier et al., 2019), (Herstatt & Verworn, op. 2007) |
| L5 | Bestimmung der Variationskennzahlen | (Meyer et al., 2021), (Albers et al., 2015), (Albers, Rapp et al., 2017), (Gausemeier et al., 2019), (Graner, 2016), (Friedrich von den Eichen, Labriola Fabio & Wasner Reine, 2007), (Herstatt & Verworn, op. 2007) |
| L6 | Verwirklichung des identifizierten Produktprofils | (Albers, Rapp et al., 2017), (Albers, Dumitrescu et al., 2018), (Gausemeier et al., 2019), (Herstatt & Verworn, op. 2007) |
| L7 | Beobachtung der Auslöser | (Meyer et al., 2021), (Gausemeier et al., 2019), (Schlegel, Just, Wiederkehr et al., 2024), (Herstatt & Verworn, op. 2007) |
| L8 | Entwicklung des Produktportfolios | (Meyer et al., 2021), (Albers, Marthaler et al., 2022), (Albers, Dumitrescu et al., 2018), (Pastewski, 2011), (Krause & Gebhardt, 2023) |
| L9 | Festlegung des Planungshorizonts | (Meyer et al., 2021), (Albers, Marthaler et al., 2022), (Albers, Dumitrescu et al., 2018), (Gausemeier et al., 2019) |
| L10 | Bewertung der Produktprofile | (Albers, Marthaler et al., 2022), (Albers, Dumitrescu et al., 2018), (Herstatt & Verworn, op. 2007), (Krause & Gebhardt, 2023) |
| L11 | Berücksichtigung der Kundenanforderungen | (Albers et al., 2015), (Gausemeier et al., 2019), (Herstatt & Verworn, op. 2007) |
| L12 | Kontinuierliche Prozesssteuerung | (Gausemeier et al., 2019), (Pastewski, 2011), (Graner, 2016), (Herstatt & Verworn, op. 2007) |

| | | |
|-----|--|---|
| L13 | Aktive Erarbeitung des Referenzsystems | (Albers et al., 2019), (Albers et al., 2015), (Albers, Marthaler et al., 2022), (Albers, Rapp et al., 2017), (Pastewski, 2011), (Krause & Gebhardt, 2023) |
| L14 | Analyse der zukünftigen Geschäftsstrategie | (Gausemeier et al., 2019), (Gausemeier, 2013), (Friedrich von den Eichen et al., 2007) |

Die Anforderungen aus der Praxis (P) werden, wie in Tabelle 7.2 zu sehen, auf Basis der Analyse von zwei aufeinander aufbauenden Interviewstudien (Interviewstudie I (Kapitel 5.1) und Interviewstudie II (Kapitel 5.4)) geclustert.

Tabelle 7.2: Anforderungen an ein Vorgehensmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios aus Sicht der Praxis (vgl. Schlegel, Pommerer et al., 2024)

| Nr | Name des Anforderungsclusters |
|------|--|
| P1 | Das Produktportfolio muss als komplexes System betrachtet werden. |
| P2 | Weiterentwicklungen innerhalb des Portfolios haben Auswirkungen auf andere Ebenen, welche berücksichtigt werden sollten. |
| P3 | Die Suche nach Weiterentwicklungspotenzialen sollte über alle Portfolioebenen hinweg erfolgen. |
| P4 | Die Ebenen des Portfolios müssen durch verschiedene Merkmale voneinander unterschieden werden. |
| P4.1 | Die unterschiedlichen Entwicklungszeiträume der Ebenen im Produktportfolio müssen berücksichtigt werden. |
| P4.2 | Die Auslöser für die Weiterentwicklung müssen auf den verschiedenen Ebenen unterschieden werden. |
| P4.3 | Ebenenspezifische Aufgabenschwerpunkte im Produktportfolio müssen berücksichtigt werden. |
| P5 | Das Portfolio muss ganzheitlich und kontinuierlich entwickelt werden, sowohl vertikal (räumlich) als auch horizontal (zeitlich). |
| P6 | Eine Synchronisation der Portfolioebenen ist erforderlich. |
| P7 | Synergieeffekte innerhalb des Portfolios müssen identifiziert werden. |

Die Kombination der Anforderungen aus Theorie und Praxis stellt damit die Grundlage zur Erarbeitung eines Vorgehensmodells in nachfolgendem Kapitel dar.

7.1.3 Erarbeitung des initialen Vorgehensmodells

Das Vorgehensmodell greift im Kern das allgemeine Problemverständnis nach Dörner (1979) auf, nach welchem ein unerwünschter Ausgangszustand in einen Zielzustand transformiert werden soll (Kapitel 2.2.1). Die Struktur des Vorgehensmodells orientiert sich an bestehenden Ansätzen wie der „Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung“ mit den Phasen Ist-Zustand, Soll-Zustand und Delta-Phase (Kapitel 2.2.7.2). Bevor jedoch die Beschreibung des Produktportfolios in der Ist-Zustandsphase beginnt, sieht der Ansatz zu Beginn eine weitere Phase vor, die initiale Phase (vgl. Abbildung 7.2).

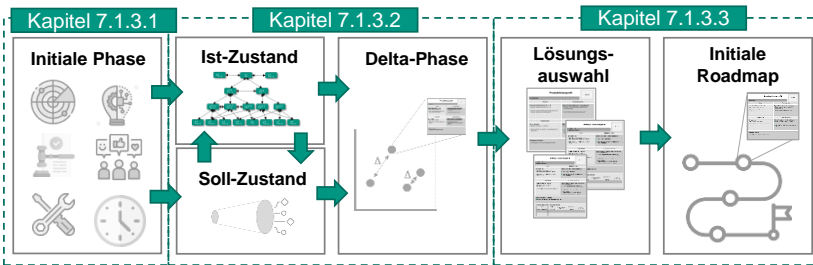


Abbildung 7.2: Entwurf des initialen Vorgehensmodells für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Pommerer et al. (2024).

Im ersten Schritt gilt es, gemäß den ermittelten Anforderungen festzustellen, ob eine Anpassung des Produktportfolios überhaupt erforderlich ist. Liegt ein Einfluss vor, der auf Elemente des Produktportfolios wirkt, muss das umliegende Produktportfolio in der Ist-Phase weiter modelliert werden. Die aktuellen Produkte im Portfolio, einschließlich ihrer Technologien und Produktionssysteme, stellen Referenzen für die Weiterentwicklung dar und müssen hierbei für eine effiziente Weiterentwicklung im Sinne des Modells der SGE im Ist-Zustand analysiert und aufgegriffen werden. Ausgehend vom aktuellen Abbild des Produktportfolios im Ist-Zustand gilt es, eine wünschenswerte Richtung für die Weiterentwicklung der Produkte in einem Portfolio zu identifizieren. Innerhalb der Soll-Zustandsphase wird unter Zuhilfenahme von Methoden der Vorrorschau ein Soll-Zustand abgebildet, welcher aufzeigt, wie die Produkte in Zukunft gestaltet sein könnten. In der Delta-Phase wird daraufhin diskutiert, inwieweit die jeweiligen Produkte im Vergleich zu den bestehenden Produkten als Referenz angepasst werden müssen. Das Ergebnis sind weit zukünftige Produktprofile, die in einer Roadmap auf mehrere Generationen mit eigenen Produktprofilen heruntergebrochen werden. Die einzelnen Schritte des Vorgehensmodells sind in der Übersicht in Abbildung 7.2 skizziert.

7.1.3.1 Initiale Phase

In der Unternehmenspraxis liegt eine Vielzahl von internen und externen Einflüssen auf das Produktportfolio vor. Die initiale Phase des Vorgehensmodells zielt darauf ab, die Einflüsse zu identifizieren, die sich auf das Produktportfolio auswirken, und aus den vielen verschiedenen Einflüssen auf das Produktportfolio herauszuarbeiten, welche Einflüsse auf welchen Ebenen Maßnahmen erforderlich machen. Die Auslöser für Weiterentwicklungen werden identifiziert und bewertet und ihre Auswirkungen auf das Portfolio werden modelliert sowie abschließend in einem Einflussprofil, rechts in Abbildung 7.3 zu sehen, dokumentiert. Im ersten Schritt werden die aktuellen Einflüsse der Auslöser auf Elemente des Produktportfolios identifiziert und geclustert. Diese Einflüsse können aus verschiedenen Quellen stammen: Megatrends, Kundenanforderungen, neue Technologien oder gesetzliche Anforderungen (Interviewstudie I (Kapitel 5.1) sowie Interviewstudie II (Kapitel 5.4)).

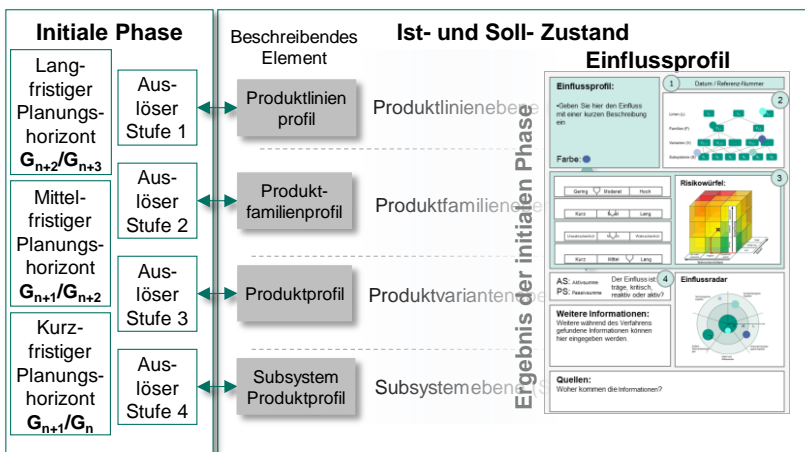


Abbildung 7.3: Die initiale Phase des Vorgehensmodells zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios mit verschiedenen Auslöserstufen. Zentrales Ergebnis der initialen Phase ist das rechts angeordnete Einflussprofil (vgl. Kapitel 6.3). Abbildung adaptiert nach Schlegel und Pommerer et al. (2024).

Im zweiten Schritt der initialen Phase wird analysiert, ob und wo sich der Einfluss im Produktportfolio auswirkt. Je nach Ort und Art des Einflusses kann dann der Zeithorizont weiter eingegrenzt werden und ein Schwerpunkt für die Weiterentwicklung gefunden werden. Für die Analyse, auf welche Elemente im

Produktportfolio ein Einfluss wirkt, muss mit dem deskriptiven Modell zur Beschreibung von Produktportfolios aus Kapitel 6.1 ein Teil des Produktportfolios modelliert werden. Der Wirkungsort ist für die Aktivitäten bei der Weiterentwicklung insbesondere relevant, da sich die Hauptaufgaben und Entwicklungszeiträume auf den Ebenen des Produktportfolios unterscheiden (Interviewstudie I (Kapitel 5.1)). Umfassende Kräfte wie z. B. Megatrends wirken sich tendenziell auf das gesamte Portfolio aus, während begrenzte Kräfte wie z. B. spezifische Kundenanforderungen einen bestimmten Standort oder einen begrenzten Bereich im Portfolio betreffen, vgl. Interviewstudie I (Kapitel 5.1). Abbildung 7.3 zeigt die Kategorisierung, in welcher die Auslöser einzelnen Ebenen des Produktportfolios zugeordnet werden.

Auslöser-Stufe 1: „Wirkung auf Produktlinien“: Umfasst die Kräfte, welche mehrheitlich auf der Linienebene wirken. Auslöser auf dieser Ebene stellen Gründe für eine Weiterentwicklung dar, welche in der Regel langfristig geplant werden muss. Diese sind häufig lösungsoffen und noch nicht auf eine bestimmte Position im Portfolio beschränkt. Auf Auslöser dieser Kategorie folgen typischerweise langfristige, vorgeplante strategische Entwicklungsprojekte, die sich auf zukünftige Produktgenerationen beziehen.

Auslöser-Stufe 2: „Wirkung auf Produktfamilien“: Der Auslöser kann hier bereits einer bestimmten Familie innerhalb einer Produktlinie zugeordnet werden. Dabei wirkt sich der Auslöser auf mehrere Varianten oder sogar die gesamte Produktfamilie aus, sodass grundlegende Überlegungen und Weiterentwicklungsaktivitäten auf Familienebene erforderlich werden können. Die korrelierende Hauptaufgabe auf Produktfamilienebene stellt die Ideenfindung zur Realisierung von Potenzialen aus dem Anwendungsbereich der Produktlinie dar. Auslöser auf dieser Ebene erfordern einen mittel- bis langfristigen Planungshorizont, der sich mit der Planung mindestens der nächsten Produktgeneration in der Entwicklung befasst.

Auslöser-Stufe 3: „Wirkung auf Produktvarianten“ greift Einflüsse auf, welche eine begrenzte Wirkung aufweisen. Der Auslöser ist bereits insoweit auf eine Lösung bezogen, dass er auf der Variantenebene einzelnen Produkten zugeordnet werden kann. Exemplarisch ist hier eine Rückmeldung eines Kunden zu einem genutzten Produkt, welches im Regelfall eine spezifische Variante darstellt. Die Hauptaufgabe, welche auf Auslöser der Stufe 3 folgt, ist die lösungsorientierte Anpassung von bekannten und im Portfolio verorteten Anforderungen, welche im Regelfall einen kurz- bis mittelfristigen Planungshorizont erfordert.

Auslöser-Stufe 4: "Wirkung auf Subsysteme" bezieht sich auf die Auslöser mit lösungsspezifischem Charakter. Die Auslöser wirken bereits auf ein spezifisches,

technisches Teilsystem und können diesem zugeordnet werden. Die hervorgerufene Auswirkung im Produktportfolio ist im Regelfall auf einen bestimmten Ort innerhalb des Portfolios beschränkt. Es ist jedoch zu beachten, dass die Häufigkeit der Verwendung eines Subsystems in anderen Elementen des Produktportfolios (z.B. ein Plattformelement in einem Baukastensystem) zu einer hohen Vernetzung führen kann und damit wiederum eine weitreichende Wirkung auf das Produktportfolio entstehen kann. Bei einer modular aufgebauten Produktplattform kann die Anpassung zentraler Teilsystemelemente zu einer langfristigen und herausfordernden Aufgabe werden. Eine Veränderung der Produktionssysteme und der verfügbaren Technologien wirkt sich auf die Teilsysteme des Produkts selbst aus und stellt somit eine wesentliche Einschränkung für die Gestaltung und Realisierung des Produkts und damit für die mögliche Weiterentwicklung des Produktportfolios dar (Albers, Lanza et al., 2022). Die Hauptaufgabe auf dieser Ebene ist die Konzeption und Gestaltung der Teilsysteme im Rahmen der Produktentwicklung. Auslöser der Ebene 4 erfordern häufig den kürzesten Planungshorizont, da der Lösungsraum für die Weiterentwicklung bereits stark eingeschränkt ist.

Neben der Zuordnung über die Auswirkungsstufen werden die verschiedenen Einflüsse mithilfe des Einflussprofils als Element des Beschreibungsmodells aus Kapitel 6.3 aufgegriffen und wie in Abbildung 7.3 rechts angedeutet dokumentiert. Auf Basis der Identifizierung und Verortung von handlungsauslösenden Einflüssen wird nachfolgend die erforderliche Weiterentwicklung erarbeitet.

7.1.3.2 Ist-, Soll- und Delta-Phase

Im Rahmen der **Ist-Phase** wird das aktuelle Produktportfolio, wie es derzeit auf dem Markt existiert, beschrieben und stellt eine zentrale Referenz für die Weiterentwicklung dar. Die Beschreibung erfolgt mithilfe des Beschreibungsmodells (Kapitel 6) wie bspw. mit ebenspezifischen Produktprofilen (Kapitel 6.2). Auf höheren Ebenen werden die Elemente umfassender und strategischer dargestellt, auf niedrigeren Ebenen sind sie kurzfristiger und operationalisiert (Schlegel, Just, Pfaff et al., 2024). Die Analyse des Produktportfolios zeigt die aktuellen Produktprofile und die von ihnen adressierten Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen, welche als Referenzsystemelemente für die Weiterentwicklung aufgefasst werden können. Die Produktportfolioelemente des Ist-Zustands stellen eine zentrale Ausgangsbasis für den Bezug von Referenzsystemelementen für die Weiterentwicklung des Produktportfolios dar (Albers et al., 2019). Durch das Verständnis der Ausgangssituation können im weiteren Verlauf Variationen der zu entwickelnden Produkte herausgearbeitet und somit mögliche Potenziale, Ideen und Konzepte beschrieben und bewertet werden.

Die **Soll-Phase** beschäftigt sich mit der Frage, wie die Elemente des Produktportfolios auf Linien-, Familien-, Varianten- und Subsystemebene in Zukunft gestaltet werden sollen. Einen zentralen Aspekt stellt die Identifikation von zukünftig relevanten Produktprofilen dar, welche mit Methoden der Vorausschau abgeleitet werden können. Auch hier stehen je nach Auslöser-Stufe unterschiedliche Ebenen des Produktportfolios im Fokus. Auf höheren Ebenen nutzt das Prozessmodell beispielsweise Methoden der Vorausschau mit längerem Horizont wie die Szenariotechnik (Gausemeier & Plass, 2014), während auf den unteren Ebenen Kunden- und Service-Feedback sowie Prognosen und Trends mit kurzem Zeithorizont im Vordergrund stehen. Der stufenspezifische Vorschlag von Methoden zielt darauf ab, die Hauptaktivitäten auf den Ebenen zu unterstützen und so die Suche nach Innovationspotenzial innerhalb des Portfolios zu verbessern. So werden zum Ende der Soll-Phase stufenspezifische Produktprofile für zukünftige Produkte entwickelt (Kapitel 6.2).

In der **Delta-Phase** wird der Entwicklungsaufwand ermittelt, der notwendig ist, um vom Ist-Zustand zum gewünschten Soll-Zustand zu gelangen. Hierzu werden mögliche Referenzelemente innerhalb (mithilfe der IST-Analyse) und außerhalb des Unternehmens (bspw. über eine Wettbewerbsanalyse oder den Blick in die Forschung) gesucht, um den erwarteten Zielzustand mit möglichst geringem Aufwand und Risiko zu erreichen. Vorhandene Elemente aus dem eigenen Produktportfolio werden systematisch einbezogen, um mehrere alternative Ideen für die Umsetzung zu finden. Zur Abschätzung der Machbarkeit muss der Abstand (Delta) zum Zielzustand verschiedener potenzieller Produktprofile anhand der Variationsarten abgeschätzt und ggf. im Rahmen einer initialen Roadmap in mehrere Generationen unterteilt werden (vgl. Pfaff, Schlegel, Völk, Reinheckel & Albers, 2024). Dabei spielen nicht nur die technische Veränderung und Umsetzung des Nutzens für Anbieter, Kunden und Anwender eine Rolle, sondern ebenfalls die Akzeptanz der Veränderung bei genannten Personengruppen.

Das Zusammenspiel der Ist-, Soll- und Delta-Phase ist nachfolgend in Abbildung 7.4 im mittleren Bereich angedeutet. Das bestehende Produktportfolio dient exemplarisch für eine Produktfamilie $F_{i=n}^{2,2}$ als zentrales Referenzelement für die Weiterentwicklung. Die in der Soll-Phase entwickelten zukünftigen Soll-Produktprofile werden in der Delta-Phase in handhabbare Produktgenerationen unterteilt. Wie in der nachfolgenden Abbildung gezeigt, ersetzen die gerade in der Entwicklung befindlichen Elemente ($i=n$), welche als Nächstes an den Markt kommen, die bestehenden Elemente ($i=n-1$) im Produktportfolio. Den Produktportfolielementen werden im rechten Bereich ebenfalls ebenenspezifische Aufgabenschwerpunkte für die Weiterentwicklung des Produktportfolios zugewiesen (Interviewstudie I (Kapitel 5.1)).

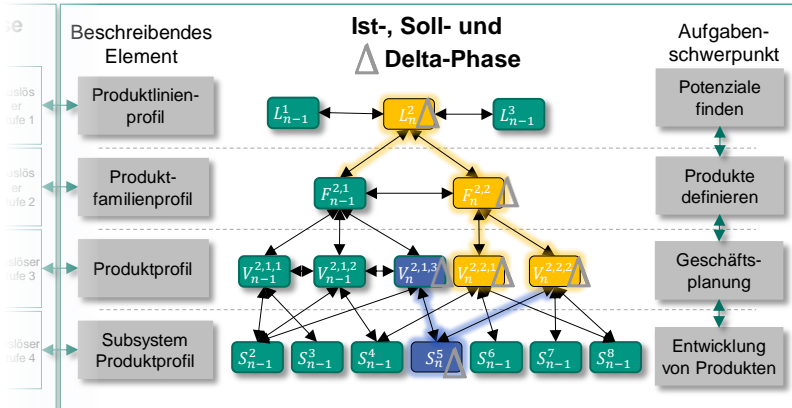


Abbildung 7.4: Die Abbildung zeigt den Weiterentwicklungsstand des Produktportfolios als Ergebnis der Ist-, Soll- und Delta-Phase. Orange: Aufgrund eines Auslösers auf Linienebene veränderte Elemente; Blau: Aufgrund eines Auslösers auf Subsystemebene veränderte Elemente; Grün: beibehaltene Elemente des Produktportfolios (vgl. Kapitel 6.1). Abbildung adaptiert nach Schlegel und Pommerer et al. (2024).

7.1.3.3 Lösungsauswahl und initiale Roadmap

Abschließend werden in der Aufwandsbetrachtung der Delta-Phase die verschiedenen potenziellen Produktprofile für mögliche zukünftige Produkte gegenüber den vorhandenen Produktprofilen bewertet. Für die Auswahl und Bewertung der Innovationspotenziale werden die Zukunftsfähigkeit, der Strategie-Fit, ein Wettbewerbsvergleich, die technische Machbarkeit sowie die Verfügbarkeit von Referenzen herangezogen. Je nach Herkunft der Referenzen und Anteil der Veränderung kann das Entwicklungsrisiko gesteuert werden. Ausgehend vom aktuellen Ist-Zustand des Produktportfolios werden über eine generationenübergreifende Roadmap die nächsten Schritte zur Realisierung des Innovationspotenzials entsprechend dem Soll-Zustand im Produktportfolio skizziert.

Das Vorgehensmodell zeigt damit, im Hinblick auf die Beantwortung der Leitfrage 2, einen Ansatz für die Unterstützung der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Inwiefern das Vorgehensmodell eine unterstützende Wirkung bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios aufweist, muss im Rahmen einer Evaluation gezeigt werden.

Das erarbeitete Vorgehensmodell wurde hierfür in einem interaktiven online Leitfaden für den Einsatz mit Expertinnen und Experten aus Unternehmen initial implementiert. Die Abbildung 7.5 zeigt exemplarisch die übergreifende Ansicht aus der ersten Version des online Leitfadens.

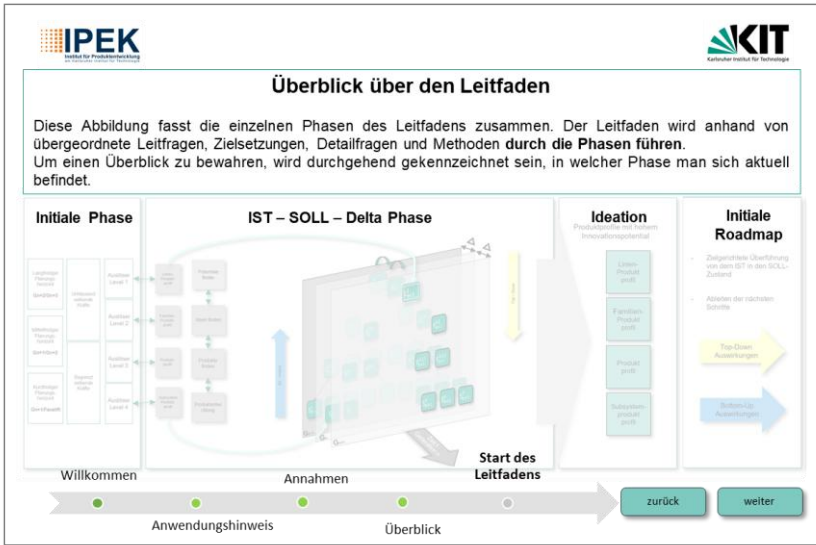


Abbildung 7.5: Übergreifende Ansicht aus dem Leitfaden zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios in der initialen Version. Situations- und ebenenspezifisch werden über Buttons einzelne Methoden und Beschreibungsmodellelemente erläutert. Abbildung adaptiert nach Pommerer (2023)²

Die Operationalisierung des Vorgehensmodells über einen interaktiven online Leitfaden mithilfe von Leitfragen, Zielsetzungen und Methoden stellt die Grundlage für die nachfolgende Anwendung und Evaluation des Vorgehensmodells anhand des Leitfadens dar. Der initiale Leitfaden (V1) ist in den Forschungsdaten nach Schlegel (2026a) einzusehen (<https://doi.org/10.35097/x8z32gkp26mw5xas>). Die Daten umfassen eine Übersicht über den Leitfaden sowie die editierbaren Folien des Leitfadens.

² Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

7.1.4 Initiale Validierung des Leitfadens

Die Evaluation des Leitfadens wird in zwei Stufen unterteilt und orientiert sich an den Evaluationskriterien der DRM – Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009). In Stufe I fand ein Workshop mit zwölf Teilnehmenden aus dem Forschungsgespräch „SGE - Systemgenerationsentwicklung“ am IPEK – Institut für Produktentwicklung Karlsruhe statt. In Stufe II wurde der Leitfaden in einem Unternehmensworkshop mit vier Expertinnen und Experten aus einem Unternehmen evaluiert.

Stufe I: Expertenworkshop - Nach einer Einführung wurde das im online Leitfaden implementierte Prozessmodell von den Workshop-Teilnehmenden selbstständig angewendet. Ziel des Expertenworkshops ist es, die theoretische Anwendbarkeit zu evaluieren. Die Einführung in den Leitfaden umfasste die Vorstellung der Ziele des Workshops und der begleitenden Feedback-Fragen. Das Feedback wurde in einer online Umfrage im Anschluss sowie durch Wortmeldungen während des Workshops gesammelt. Die folgenden Evaluations-Leitfragen (ELF) wurden in der Evaluation gestellt:

- **ELF-I:** Auf welcher Ebene/mit welchem Auslöser sind Sie durch den Leitfaden gegangen?
- **ELF-II:** War der Leitfaden anwendbar? Hat der Leitfaden die zentralen Aspekte angesprochen oder eher nicht?
- **ELF-III:** Welchen zusätzlichen Nutzen bietet der Leitfaden? Hat der Leitfaden Sie bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios unterstützt?
- **ELF-IV:** Ist der Leitfaden verständlich? Gibt es klare Anweisungen und Leitfragen zur Unterstützung?

Die Kommentare (K) aus dem Expertenworkshop wurden daraufhin gesichtet und in Tabelle 7.3 geclustert:

Tabelle 7.3: Anmerkungen aus der Evaluation des Expertenworkshops Stufe I (vgl. Schlegel, Pommerer et al., 2024)

| Nr | Name des Anforderungsclusters |
|----|---|
| K1 | Kommentare zur Gestaltung des Designs: Das Cluster zeigt Verbesserungspotenzial bei der Formatierung, Darstellung und Anordnung im Leitfaden |

| | |
|----|---|
| K2 | Wunsch nach einer präziseren Beschreibung der vorgeschlagenen Methoden und Begriffe. |
| K3 | Inkonsistenz der Begriffe: Es wurde eine teilweise Inkonsistenz in der Verwendung der Begriffe festgestellt |
| K4 | Klarere Unterscheidung zwischen Soll- und Delta-Phase. Die Phasen beziehen sich mehrfach auf Produktprofile, diese sollten konsequent durch das Ist- und Soll-Produktprofil voneinander getrennt werden. |
| K5 | Deutsche und englische Version des Leitfadens: Eine englische Version des Leitfadens wurde angeregt, um das Spektrum der möglichen Nutzenden zu erweitern. |
| K6 | Eingabefelder für die Dokumentation: Es wurden Eingabefelder für die Dokumentation gefordert, um am Ende einen zusammengefassten individuellen Überblick zu erhalten |
| K7 | Strukturierung der Leitfragen im Leitfaden als Baumstruktur: Es wurde zudem angeregt, die Leitfragen als Baumstruktur im Sinne eines Flussdiagramms zu gestalten. |

Insgesamt bestätigten die Anwendenden den Mehrwert des Leitfadens bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios. Beispielsweise sagten einzelne Expertinnen und Experten: *„Der Leitfaden hat einen umfangreichen Methodenschatz zugänglich gemacht und über das Prozessmodell eine Orientierung gegeben, die ich gelungen finde.“* sowie *„Der Leitfaden hilft, wichtige Informationen aufzunehmen, auch solche, die zwar vorhanden sind, aber ohne den Leitfaden vielleicht einfach nicht berücksichtigt worden wären.“*

Stufe II - Unternehmensexpertinnen und -experten: Die Evaluation mit Mitarbeitenden eines Druckmaschinenherstellers erfolgte analog zu Stufe I. Es wurde ebenfalls ein Mehrwert für die Weiterentwicklung des Produktportfolios in dem Leitfaden gesehen. Positiv hervorgehoben wurde beispielsweise, dass der Leitfaden bestehende Methoden *„anwenderfreundlich und anwendbar abbildet und nicht in der akademischen Welt verbleibt.“* Er sei *„intuitiv und logisch aufgebaut“*. Nach Aussage eines Experten *„schafft [der Leitfaden] eine Vorstellung davon, wie die Weiterentwicklung grundsätzlich angegangen werden kann“*. Ob ein tatsächlicher Mehrwert durch den Leitfaden entsteht, kann nach Aussage der Expertinnen und Experten jedoch erst nachgewiesen werden, wenn die Methode über mehrere Monate im Unternehmen angewendet wird. Die Aussagen beruhen dabei lediglich auf einer Einschätzung, da die Unternehmensexpertinnen und -experten den Leitfaden nicht vollständig selbst im Unternehmen angewandt haben. LF3 lässt sich anhand der Ergebnisse in Kapitel 7.1.4 somit nicht abschließend beantworten und wird im nachstehenden Zwischenfazit erneut aufgegriffen.

7.1.5 Zwischenfazit

In der deskriptiven Studie I wurden Anforderungen aus der Literatur sowie der Unternehmenspraxis identifiziert, um zu adressierende Herausforderungen bei der Weiterentwicklung abzuleiten. 117 Anforderungen aus der Theorie wurden in 14 Cluster überführt und auf Basis von zwei Interviewstudien (vgl. Kapitel 5.1 und Kapitel 5.4) um sieben Anforderungscluster aus der Unternehmenspraxis ergänzt.

Basierend auf der deskriptiven Studie I (DS I) wurde ein Vorgehensmodell für die Weiterentwicklung von Produktportfolios entwickelt, welches in Form eines Leitfadens die Weiterentwicklung des Produktportfolios unterstützen und die Herausforderungen aus Praxis und Theorie adressieren soll. Zentraler Aspekt des Vorgehensmodells ist es, einen Rahmen für die Weiterentwicklung zu schaffen, welcher es ermöglichen soll, Einflüsse auf das Produktportfolio und daraus resultierende Anpassungsbedarfe in neue Produkte mit hohem Innovationspotenzial zu überführen. Das Vorgehensmodell greift bestehende Methoden auf und gliedert diese in einen strukturierten Prozess ein, denn wie Interviewstudie I (Kapitel 5.1) zeigt, verfügen viele Unternehmen noch nicht über einen strukturierten Prozess zur Weiterentwicklung des Produktportfolios. Das Vorgehensmodell soll bestehende Methoden, wie z.B. Methoden der Vorausschau, in einen Rahmen integrieren und hinsichtlich der Weiterentwicklung von Produktportfolios positionieren, um die Aspekte der strategischen Produktplanung, der referenzenbasierten Entwicklung im Sinne des Modells der SGE sowie der gleichzeitigen Betrachtung mehrerer Produkte im Sinne des Produktportfoliomanagements zusammenzuführen.

In der zweistufigen Evaluation wurden erste Potenziale und Herausforderungen des entwickelten Vorgehensmodells durch die Expertinnen und Experten identifiziert. Die Aussagen beider Evaluationsgruppen beruhen jedoch ausschließlich auf Annahmen über die mögliche Unterstützung durch den Leitfaden. Da die Expertinnen und Experten den Leitfaden nicht selbst durchgeführt haben, wird die vorliegende Evaluation lediglich als initial betrachtet. Die Leitfrage 3 kann daher nicht eindeutig beantwortet werden. Es kann lediglich eine Tendenz geäußert werden, dass eine Unterstützungsleistung zu erwarten ist. Für eine umfassende Validierung muss der Leitfaden jedoch über einen längeren Zeitraum in einem Live-Lab oder in einem Unternehmen implementiert werden.

Das Vorgehensmodell soll in nachfolgenden Studien weiter ausgebaut (Kapitel 7.2 und 7.3) sowie durch Validierungsstudien in Live-Labs (Kapitel 7.4 und 7.5) sowie eine spätere Unternehmensanwendung über mehrere Monate (Kapitel 8) umfassender validiert werden.

7.2 Erweiterung der initialen Phase im Vorgehensmodell

Ziel des nachfolgenden Kapitels ist es, das initiale Vorgehensmodell sowie den zugehörigen Leitfaden weiterzuentwickeln. Ein besonderer Fokus liegt hierbei neben den in Kapitel 7.1.4 angesprochenen Kommentaren zur Verbesserung auf der Ausgestaltung der initialen Phase des Vorgehensmodells.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Kögler, 2023)³.

7.2.1 Vorgehen

Das Vorgehen der Studie orientiert sich an der Design Research Methodology (Blessing & Chakrabarti, 2009). Der Fokus liegt auf der präskriptiven Erweiterung des Vorgehensmodells und des zugehörigen Leitfadens. Aufbauend auf der initialen Anwendung (Kapitel 7.1) wird zur Erweiterung der Erkenntnisse aus den Vorarbeiten eine Interviewstudie mit fünf Unternehmensexpertinnen und -experten zum besseren Verständnis der Weiterentwicklung durchgeführt. Kern der Studie ist die Erweiterung des Vorgehensmodells im Bereich der initialen Phase durch die Aufnahme von Elementen des korrelierenden Beschreibungsmodells aus Kapitel 6.3 sowie durch die Überarbeitung der Darstellungen (vgl. Kapitel 7.1.4).

7.2.2 Anforderungen an die Erweiterung des Vorgehensmodells

Im Rahmen der DS I wurde neben der Analyse der Vorarbeiten eine Interviewstudie mit fünf Expertinnen und Experten aus einem Unternehmen, welches sich mit der Entwicklung und Herstellung von Druckmaschinen beschäftigt, durchgeführt. Die Interviews hatten zum Ziel, die Weiterentwicklung und Auslöser für den Weiterentwicklungsprozess zu ergründen, um diese bei der Weiterentwicklung des Vorgehensmodells aufzugreifen. Beispielsweise wurden proaktive und reaktive Methoden bei der Auseinandersetzung mit Einflüssen durch die Expertinnen und Experten angegeben. Proaktiv sind beispielsweise: Marktanalysen und Kundenbefragungen, Teilnahme an Fachkonferenzen und an Vorträgen sowie die Zusammenarbeit mit der Forschung. Als reaktive Methoden wurden die Beobachtung des Wettbewerbs, Nachrichten und Messen genannt. Neben Aussagen zum Weiterentwicklungsprozess, welche sich mit Interviewstudie I

³ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

(Kapitel 5.1) weitestgehend decken, konnten sechs zentrale Auslöser für das Unternehmen identifiziert und in die Einflusskategorien aus Kapitel 6.3 eingeteilt werden. Zu den äußeren Randbedingungen zählen bspw. rechtliche Anforderungen. Ein kundenbezogener Aspekt ist bspw. Individualisierung, ebenfalls wurden technologische Aspekte wie Digitalisierung und Datensicherheit genannt.

7.2.3 Erweiterung des Leitfadens

Der Schwerpunkt der Studie liegt auf der Erweiterung der initialen Phase des initialen Vorgehensmodells aus Kapitel 7.1. Dieses wird mithilfe der erarbeiteten Vorgehensschritte des Beschreibungsmodells in Kapitel 6.3 erweitert. Die nachfolgende Abbildung 7.6 zeigt als Ergebnis einen Ausschnitt der Übersicht über den Leitfaden. Durch die Erweiterung wurden Subschritte in der initialen Phase des Vorgehensmodells ausgebaut.

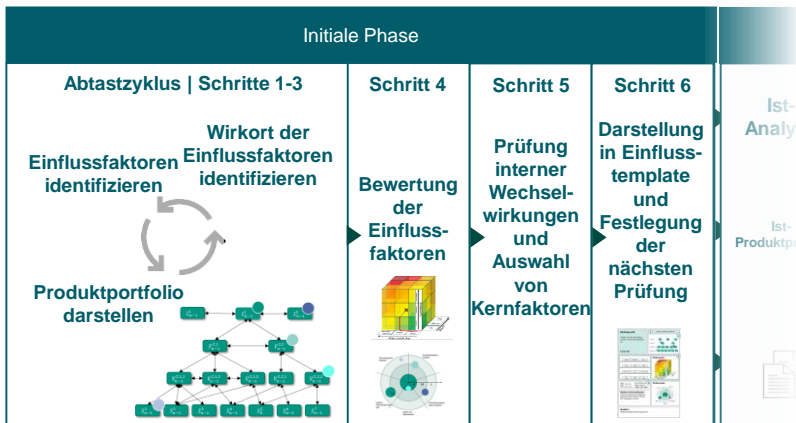



Abbildung 7.6: Erweiterung des Vorgehensmodells um Subschritte in der initialen Phase. Abbildung adaptiert nach Kögler (2023)⁴.

Abbildung 7.7 zeigt, wie das Vorgehensmodell in der initialen Phase im Leitfaden umgesetzt wurde. Die Anwendenden haben hier die Möglichkeit zwischen der Mo-


⁴ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

dellierung des gesamten Produktportfolios, bspw. im Rahmen eines umfassend angelegten Umstrukturierungsprozesses, der weniger aufwändigen Modellierung eines für den spezifischen Einfluss relevanten Teilbereichs im Rahmen des operativen Tagesgeschäftes zu wählen.



1. Initiale Phase

1.2 Produktportfolio darstellen



Start | Zweiter Schritt der initialen Phase
 Im zweiten Teilschritt der initialen Phase soll das Produktportfolio, bzw. ein Teil dessen, dargestellt und folgend weiter betrachtet werden. Im Folgenden stehen zwei Optionen zur Verfügung. Wählen Sie eine dieser Optionen.

Betrachtung des gesamten Produktportfolios

Es wird das gesamte Produktportfolio und Wechselwirkungen der Einflussfaktoren mit allen Elementen des Produktportfolios betrachtet.
 Bspw. zur allgemeinen Potentialfindung im Produktportfolio

➕ Wechselwirkungen und Synergieeffekte im gesamten Produktportfolio werden betrachtet

➖ Höherer Zeitaufwand bei großer Anzahl von Produkten, Subsystemen etc.

Ganzes Produktportfolio betrachten


Betrachtung eines Bereichs des Produktportfolios


Es wird ein Bereich des Produktportfolios und Wechselwirkungen der Einflussfaktoren mit den bestimmten Elementen des Produktportfolios betrachtet.
 Bspw.: Es soll eine bestimmte Produktfamilie näher betrachtet, und untersucht werden, wie diese angesichts der Einflussfaktoren weiterentwickelt werden sollte.

➕ Geringerer Zeitaufwand

➖ Keine Berücksichtigung von Wechselwirkungen mit nicht betrachteten Elementen

Bereich des Produktportfolios betrachten





zurück

weiter

Abbildung 7.7: Ausschnitt aus dem Leitfaden zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Der Leitfaden bietet die Möglichkeit, in Abhängigkeit von den zeitlichen Kapazitäten lediglich einen Teil oder das gesamte Portfolio zu modellieren.

Der erweiterte Leitfaden (V2) ist in den Forschungsdaten nach Schlegel (2026a) einzusehen (<https://doi.org/10.35097/x8z32gkp26mw5xas>). Die Daten umfassen eine Übersicht über den Leitfaden sowie die editierbaren Folien des Leitfadens.

7.2.4 Zwischenfazit

Im Rahmen der deskriptiven Studie I wurden die Vorarbeiten aufgegriffen und in Kombination mit einer Interviewstudie die Praxissicht aus einem Unternehmen aufgenommen. Innerhalb der präskriptiven Phase wurde das initiale Vorgehensmodell aus dem vorherigen Kapitel um ein detaillierteres Vorgehen im Bereich der initialen Phase, mit Bezug auf die Beschreibungsmodellelemente in Kapitel 6.3, erweitert. Eine Evaluation im Sinne der deskriptiven Studie II des erweiterten Vorgehensmo-

dells wurde im Rahmen der Studie noch nicht durchgeführt. Bevor eine erneute Evaluation erfolgt, wird der Leitfaden in nachfolgendem Kapitel im Bereich der Ist- und Soll-Phase sowie der Delta-Phase ebenfalls erweitert.

7.3 Erweiterung der Ist-, Soll-, und Delta-Phase

Ziel innerhalb des vorliegenden Kapitels ist es, das Vorgehensmodell sowie den zugehörigen Leitfaden im Bereich der Ist-, Soll- und Delta-Phase zu erweitern.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Fahnenstich, 2024)⁵.

Als zentrale Leitfrage dient die Fragestellung:

LF - Wie können das vorhandene Vorgehensmodell und der zugehörige Leitfaden hinsichtlich der identifizierten Potenziale und Anmerkungen erweitert werden?

7.3.1 Vorgehen

Der Fokus des vorliegenden Kapitels liegt auf der Erweiterung des Vorgehensmodells. Mitunter sollen die in Kapitel 7.1.4 identifizierten Verbesserungspotenziale K1: Gestaltung der Folien im Leitfaden, K2: Wunsch nach einer präziseren Beschreibung der thematischen Inhalte (K2A und K2B) sowie K4: Klarere Unterscheidung zwischen Soll- und Delta-Phase adressiert werden.

7.3.2 Ergebnis

Mit Bezug auf K1 sowie K2 wurde der Leitfaden im Design weiter verbessert sowie um präzisere Beschreibungen der enthaltenen Methoden erweitert. Abbildung 7.8 zeigt exemplarisch in der Soll-Phase verschiedene Methoden, welche je nach Ebene der Weiterentwicklung im Produktportfolio vorgeschlagen werden. Bei Bedarf kann im online Leitfaden durch einen Klick auf die jeweilige Methode eine Kurzanleitung sowie ein Verweis auf weiterführende Literatur eingesehen werden.

⁵ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

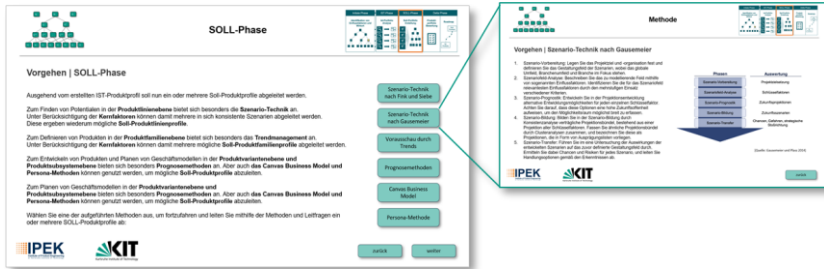


Abbildung 7.8: Ausschnitt aus der Soll-Phase des Leitfadens, in welcher situationspezifisch Methoden vorgeschlagen und kompakt erläutert werden.

Auf dem initialen Vorgehensmodell aufbauend wurde der Leitfaden, wie in Abbildung 7.9 als Übersicht gezeigt, in den Bereichen der Ist-, Soll- und Delta-Phase erweitert. Die Ist-, Soll- und Delta-Phase werden gemäß dem Kommentar K4 aus Kapitel 7.1.4 in einzelne Schritte aufgeteilt und somit deutlicher voneinander unterschieden. Die Delta-Phase greift fortan ebenfalls die Erstellung der Roadmap auf.

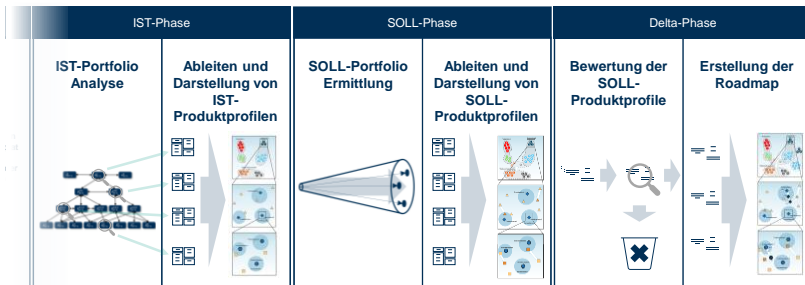


Abbildung 7.9: Erweiterung der Ist-, Soll- und Delta-Phase des Vorgehensmodells zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Abbildung adaptiert nach Fahnenstich (2024)⁶.

Dabei wird über die Ist-, Soll- und Delta-Phase hinweg die Weiterentwicklung des Produktportfolios mithilfe von Produktlandkarten visualisiert. In Ergänzung zur hie-

⁶ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

rarchischen Sichtweise aus Kapitel 6.1 ermöglicht die Visualisierung über eine Produktlandkarte, wie in Abbildung 7.10 gezeigt, die Visualisierung verschiedener Produkte über mehrere Zeitpunkte in einer Ansicht. Die Produktlandkarte visualisiert jedoch nicht die hierarchischen Verknüpfungen zwischen den Produkten. Für die Weiterentwicklung von Produktportfolios sind daher beide Sichtweisen, je nach durchzuführender Aktivität, relevant.

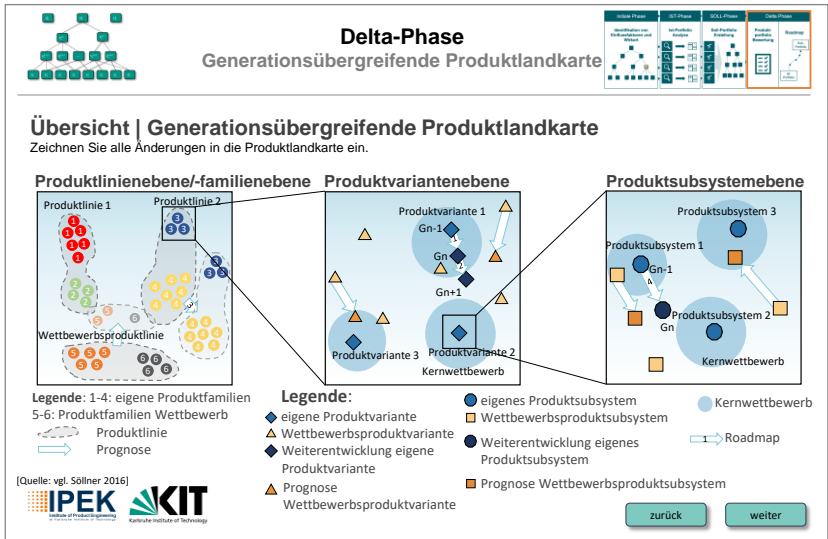


Abbildung 7.10: Produktportfolioebenenübergreifende Produktlandkarte zur Visualisierung der Weiterentwicklung verschiedener Elemente im Produktportfolio. Darstellung der Landkarte in Anlehnung an Söllner (2016). Abbildung adaptiert nach Fahnenstich (2024).

Der erweiterte Leitfadens (V3) ist in den Forschungsdaten nach Schlegel (2026a) einzusehen (<https://doi.org/10.35097/x8z32gkp26mw5xas>). Die Daten umfassen neben den editierbaren Folien des Leitfadens eine Übersicht sowie einen exemplarischen Durchlauf durch den erarbeiteten Leitfadens.

7.3.3 Zwischenfazit

Mit der Erweiterung des Vorgehensmodells wurden Verbesserungspotenziale aus Kapitel 7.1.4 aufgegriffen. Die Beschreibungen innerhalb des Leitfadens wurden erweitert sowie die Ist-, Soll- und Delta-Phase mit Visualisierungen über eine Produktlandkarte unterstützt. Um eine umfassendere Validierung des Leitfadens zu

ermöglichen, wird im Folgenden ein Workshopkonzept zur Anwendung des Vorgehensmodells erarbeitet.

7.4 Erweiterung um Workshopkonzept und Anwendung im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung

Ziel der nachfolgenden Studie ist es, das erarbeitete Vorgehensmodell gemeinsam mit Elementen des Beschreibungsmodells mit Teilnehmenden anzuwenden und zu evaluieren. Dazu werden die Ergebnisse des Beschreibungsmodells sowie des Vorgehensmodells gemeinsam in einem Workshopkonzept aufgegriffen. Die Kombination von Vorgehens- und Beschreibungsmodell wird im weiteren Verlauf der Arbeit als Systematik aufgefasst (vgl. Kapitel 5.1.4).

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel, Müller et al., 2024) und waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (M. Müller, 2024)⁷.

Die folgenden Leitfragen wurden zur Strukturierung der vorliegen Studie gestellt:

LF1 – Wie muss ein Workshop zu einer Systematik gestaltet sein, welcher Produktentwickelnde bei der Ableitung von Innovationspotenzialen in der Weiterentwicklung von Produktportfolios unterstützt?

LF2 – Inwieweit unterstützt die im Workshop angewandte Systematik Produktentwickelnde bei der Ableitung von Innovationspotenzialen in der Weiterentwicklung von Produktportfolios?

7.4.1 Vorgehen

Zur Beantwortung der gestellten Leitfragen stützt sich die vorliegende Studie auf die Design Research Methodology (Blessing & Chakrabarti, 2009). Der Aufbau der Studie ist in Abbildung 7.11 zu sehen. Im Rahmen der deskriptiven Studie I (DS I) werden die Erkenntnisse aus der Theorie (systematische Literaturanalyse (Kapitel 5.2)) und Praxis (Interviewstudie I (Kapitel 5.1) und Interviewstudie II (Kapitel 5.4)) aufgegriffen. In der präskriptiven Studie (PS) wird darauf aufbauend ein Workshopkonzept zur Anwendung der Systematik synthetisiert. Die deskriptive

⁷ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Studie II (DS II) fokussiert die Anwendung und Evaluation der entwickelten Systematik. Die Systematik wird im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung (Kapitel 4.5.1) mit 25 Produktentwickelnden angewandt.

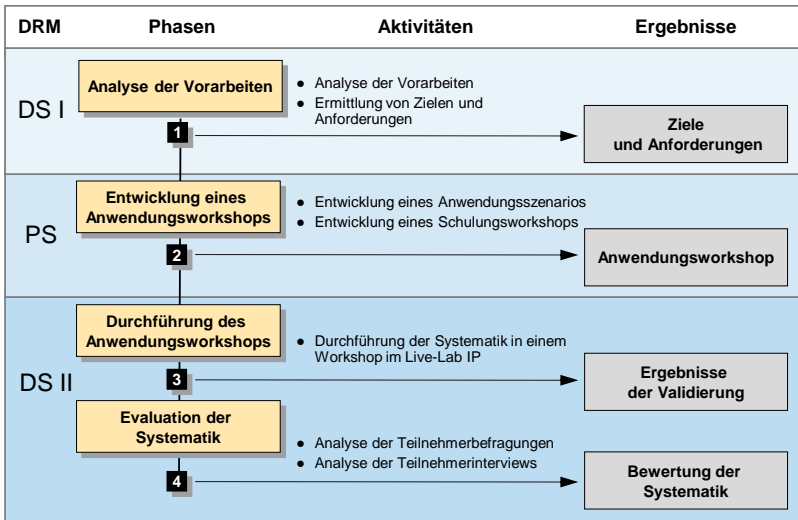


Abbildung 7.11: Vorgehen zur Erarbeitung und Evaluation einer Systematik bestehend aus Vorgehens- und Beschreibungsanteilen. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024).

7.4.2 Erarbeitung eines Workshopkonzeptes

Das zentrale Ziel des Workshops ist es, die Anwendung der Systematik als Kombination von Vorgehens- und Beschreibungsmodell in begrenzter Zeit im Rahmen des Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung (vgl. Kapitel 4.5.1) zu ermöglichen, um die enthaltene Systematik zu evaluieren. Die Hauptaufgabe des Workshops liegt darin, die Ableitung von Produktprofilen im Rahmen der Weiterentwicklung von Produktportfolios zu unterstützen.

Da die Teilnehmenden keine Vorerfahrung in Bezug auf das Produktportfoliomanagement und insbesondere die Methodik haben, ist eine Einführung in das Thema erforderlich. Die Vorstellung der Methodik wird, wie in Abbildung 7.12 gezeigt, durch interaktive Phasen unterbrochen, in welchen die Teilnehmenden selbst die gezeigten Schritte anwenden, sodass die Anwendbarkeit

und Unterstützung der Systematik im Nachgang mittels einer online Umfrage evaluiert werden können. Am Workshop im Jahrgang IP2023/24 nahmen 25 Studierende teil, welche die interaktiven Phasen in sieben Arbeitsgruppen unterteilt durchführten.

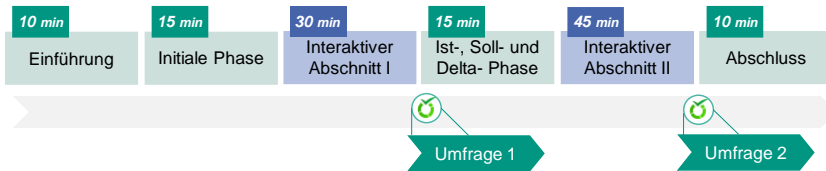


Abbildung 7.12: Der Workshopablauf besteht aus einer Kombination von Vorstellung der Systematik im Auditorium und Anwendung der gezeigten Schritte in interaktiven Phasen. An zwei Punkten wird mittels einer online Umfrage evaluiert. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024).

Das Vorgehen innerhalb des Workshops orientiert sich an dem in Kapitel 7.3 erarbeiteten Vorgehensmodell und greift ebenfalls Elemente des Beschreibungsmodells auf. Innerhalb des Workshops wenden Produktentwickelnde das Vorgehensmodell sowie die korrelierenden Elemente des Beschreibungsmodells wie das Einflussprofil (Kapitel 6.3) innerhalb der initialen Phase oder die ebenenspezifischen Produktprofile für die Modellierung (Kapitel 6.2) in der Ist- und Soll-Phase an. Die Anwendung erfolgt dabei am Beispiel des Produktportfolios des Partnerunternehmens. Zur Evaluation werden neben der Durchführung der online Umfrage ebenfalls die Arbeitsergebnisse der Gruppen analysiert, um Rückschlüsse zur Anwendbarkeit der Systematik ziehen zu können.

Das Zusammenspiel der einzelnen Beschreibungselemente in den Phasen des Vorgehensmodells als gemeinsame Systematik ist in Abbildung 7.13 schematisch dargestellt.

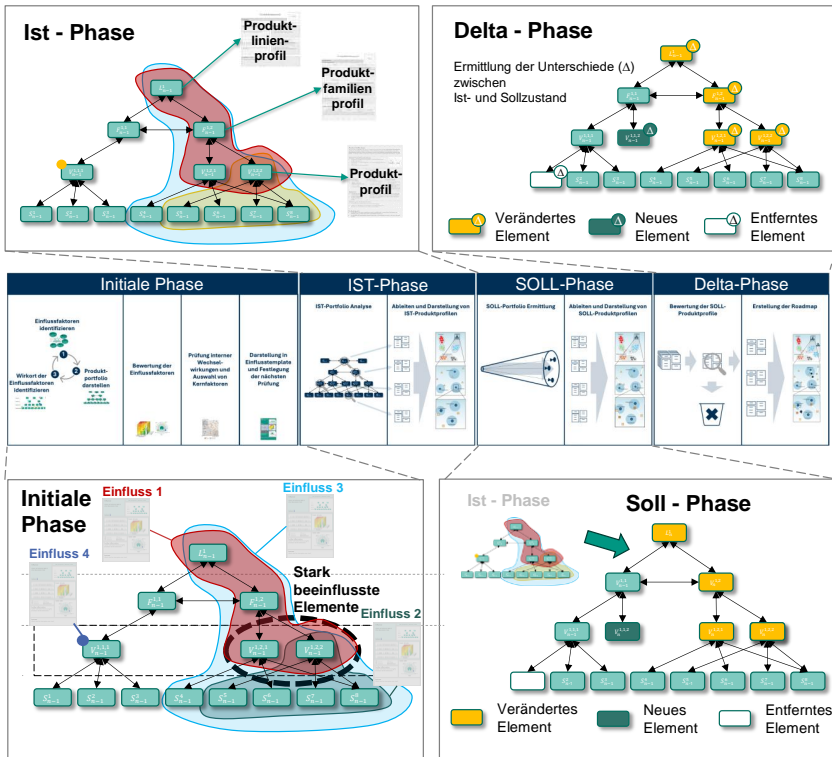


Abbildung 7.13: Abstrahierte Kernergebnisse der Systematik entlang der jeweiligen Phasen des Vorgehensmodells. Die realen Arbeitsergebnisse des Workshops stellen einen Teil des Projektes IP – Integrierte Produktentwicklung dar und unterliegen der Vertraulichkeit, daher können diese nicht detailliert gezeigt werden. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024).

Im Gegensatz zu den inhaltlichen Arbeitsergebnissen aus dem Live-Lab IP, welche der Vertraulichkeit unterliegen, können in nachfolgendem Kapitel die Ergebnisse der Umfrage sowie Aussagen der Teilnehmenden zu Anwendbarkeit und Unterstützungspotenzial des Ansatzes aufgezeigt und diskutiert werden.

7.4.3 Anwendung des Workshopkonzeptes

In vorliegendem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse der beiden Umfragen vorgestellt und anschließend übergreifend sowie in Bezug auf die einzelnen Phasen des Workshops diskutiert. Da die Weiterentwicklung des Produktportfolios sich über mehrere Monate bis Jahre erstreckt und damit die tatsächlich belegbare Veränderung, ob ein Erfolg eintritt oder nicht, erst im Nachgang festzustellen ist, liegt der Fokus der Workshopanwendung auf der Anwendungs- und Unterstützungsevaluation (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Umfrageergebnisse zum ersten Abschnitt des Workshops:

Die Modellierung des Produktportfolios in relevante Produktlinien, -familien und -varianten wurde durch die Produktentwickelnden unterschiedlich, jedoch in Vereinbarkeit mit den Definitionen des Beschreibungsmodells erstellt. Die Mehrheit der sieben Gruppen, mit insgesamt 25 Studierenden, hat sowohl Einflüsse charakterisiert, das Produktportfolio dargestellt und die Einflüsse anschließend im Produktportfolio verortet. Die Umfrageergebnisse nach der ersten interaktiven Phase sind in Abbildung 7.14 zu sehen.

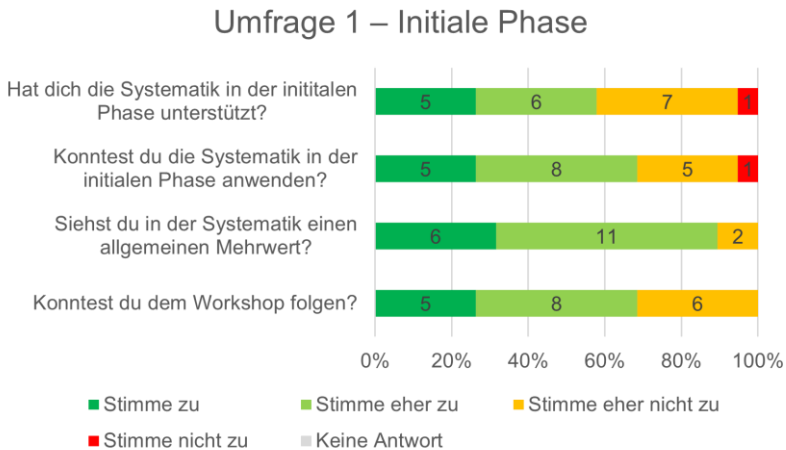


Abbildung 7.14: Umfrageergebnisse der ersten interaktiven Phase. Die Mehrheit sieht in dem Ansatz einen Mehrwert. Jedoch war etwa ein Drittel nicht in der Lage, dem Workshop vollständig zu folgen. Teilnehmendenzahl N=19. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024).

Umfrageergebnisse zum zweiten Abschnitt des Workshops:

Innerhalb der zweiten interaktiven Phase konnten weniger Arbeitsergebnisse als in der vorherigen Phase beobachtet werden. Die Produktprofile wurden teilweise vervollständigt und einzelne Gruppen identifizierten neue Potenziale. Die Umfrageergebnisse zur zweiten interaktiven Arbeitsphase sind nachfolgend in Abbildung 7.15 zu sehen.

Umfrage 2 – Ist-, Soll- und Delta - Phase

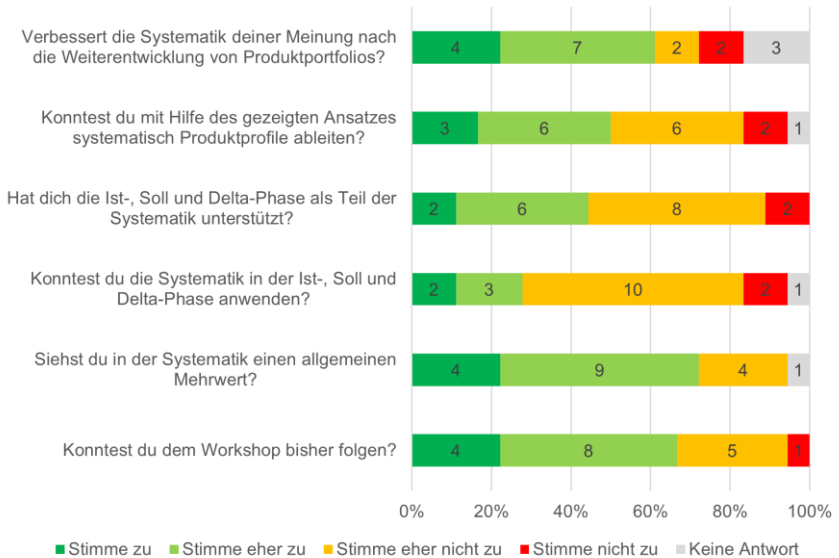


Abbildung 7.15: Umfrageergebnisse der zweiten interaktiven Phase des Workshops – Der Fokus liegt auf der Ist-, Soll- und Delta-Phase. Teilnehmendenzahl N=19. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024).

7.4.4 Diskussion der Evaluationsergebnisse

Übergreifend lässt sich festhalten, dass die Workshopteilnehmenden in der systematischen Vorgehensweise einen generellen Mehrwert für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios sehen. Der systematische Ansatz führte bei einzelnen Produktentwickelnden zu produktübergreifenden Überlegungen und ermöglichte es, neue Impulse für produktübergreifende Merkmale zu gewinnen und

die Strukturierung von Produktportfolios zu unterstützen. Über die Phasen hinweg zeigt sich jedoch eine sinkende Tendenz im gesehenen Mehrwert für die gesamte Systematik durch die Teilnehmenden von 89 % zum Zeitpunkt der ersten Phase auf 72 % in der zweiten Phase des Workshops. Der Mehrwert aus Sicht der Teilnehmenden sinkt damit um rund ein Fünftel (17 %-Punkte). Aufgrund der Tendenz wird festgehalten, dass im Bereich des zweiten Workshopabschnitts der Workshop oder die darin enthaltenen Schritte Verbesserungspotenzial bieten.

Ein Indiz dafür, dass die Darstellung der Ist-, Soll- und Delta-Phase im Workshop für den Unterschied im erwarteten Mehrwert nur eine untergeordnete Rolle spielt, zeigt die Selbsteinschätzung der Teilnehmenden. Die Ist-, Soll- und Delta-Phase (66 %) wurde nach der Selbsteinschätzung durch die Teilnehmenden nur geringfügig weniger gut verstanden als der erste Workshopabschnitt (68 %).

Um genauer zu verstehen, an welchen Stellen Verbesserungspotenziale bei der Durchführung des Workshops und/oder in der Ausgestaltung des systematischen Vorgehens liegen, werden die beiden Phasen nachfolgend einzeln betrachtet (Abbildung 7.16). Zum Zeitpunkt der **initialen Phase** gab die Mehrheit (68 %) der Teilnehmenden an, dass sie einen Mehrwert in der Systematik sahen und die Phase anwenden konnten. Die Arbeitsergebnisse der Gruppen in der Anfangsphase bestätigen die Selbsteinschätzung. Fünf von sieben Gruppen lieferten Arbeitsergebnisse, welche den Schluss zulassen, dass die Systematik wie im Workshop vorgesehen angewendet wurde. Im zweiten Workshopabschnitt, welcher die **Ist-, Soll- und Delta-Phase** umfasst, gab ein Drittel (27 %) der Teilnehmenden an, die gezeigten Schritte tendenziell anwenden zu können. Etwa die Hälfte der Teilnehmenden (44 %) gab ebenso an, durch die Ist-, Soll- und Delta-Phase tendenziell unterstützt zu werden. Die Selbsteinschätzung bezüglich Anwendbarkeit und Unterstützung nimmt damit ebenfalls entlang des Workshops ab.

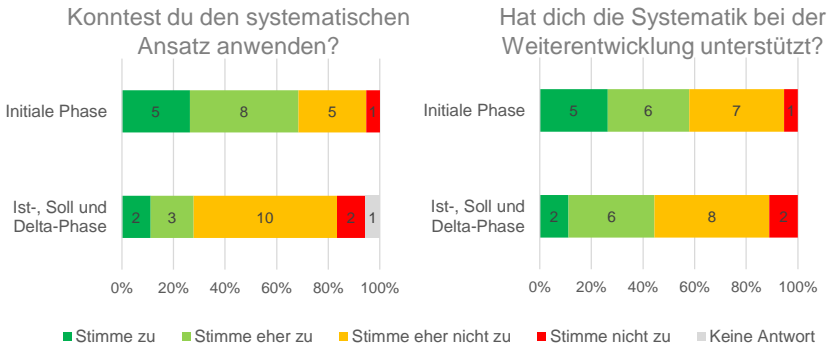


Abbildung 7.16: Gegenüberstellung der durch die 19 Teilnehmenden selbst eingeschätzten Anwendbarkeit und Unterstützungswirkung durch die Systematik in der initialen Phase sowie der Ist-, Soll- und Delta-Phase. Abbildung adaptiert nach Schlegel und Müller et al. (2024).

Obwohl nur ein Drittel der Teilnehmenden angab, dass der zweite interaktive Teil während des Workshops anwendbar war (27 %), gab etwa die Hälfte der Teilnehmenden (55 %) an, dass sie in der Lage waren, systematisch Produktprofile abzuleiten. Häufungspunkt in den Anmerkungen der Teilnehmenden aus der online Umfrage war die kurze Zeit zur Bearbeitung der Systematik. Exemplarische Aussagen: „*Methodik inter[e]ssant, zeitlicher Rahmen zu kurz für Entwicklung eines Potenzialfindungsphase [des Live-Labs IP]*“ und „*War zu wenig Zeit, um diese richtig auszutesten*“. Neben dem zeitlichen Aspekt wurden auch der zu geringe eigene Kenntnisstand: „*Anwendung mit geringen Kenntnissen des Portfolios sehr schwierig [...]*“ sowie der Wunsch nach einem reduzierten Anwendungsbeispiel: „*etwas weniger High-Level anhand passender Methoden die einzelnen Schritte durchgehen*“ und „*Anwendung an reduziertem Beispiel*“ geäußert.

Weiterführend ist festzuhalten, dass in der ersten interaktiven Phase nur eine Phase des Vorgehensmodells angewendet wurde, während in der zweiten interaktiven Phase des Workshops drei Phasen des Vorgehensmodells verstanden und durchgeführt werden müssen, was den Zeitmangel in der zweiten interaktiven Phase erhöht und einen möglichen Grund für die Unterschiede in den Evaluationen darstellen kann. Übergreifend gesehen stellt die im Workshop vorhandene Anwendungszeit von knapp zwei Stunden eine deutlich reduzierte Anwendungszeit dar. Gegenüber der Anwendung in der Praxis kommt hinzu, dass die Studienteilnehmenden als Studierende des Masterstudiums im Regelfall noch keine

Berufserfahrung vorweisen und sich außerhalb der Lehrveranstaltung noch nicht mit dem Produktportfolio des Unternehmens auseinandergesetzt haben. Ziel zukünftiger Studien soll es daher sein, zum einen die Systematik und den Workshop weiter zu verbessern, um die Anwendbarkeit und Unterstützung weiter zu steigern und erneut in einer zukünftigen Forschungsstudie in IP – Integrierte Produktentwicklung zu evaluieren (Kapitel 7.5). Zum anderen soll eine umfassende Evaluation im Unternehmenskontext über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden, um die Evaluationsbedingungen näher an die eigentliche Anwendung der Systematik zu bringen (Kapitel 8).

7.4.5 Zwischenfazit

Im Rahmen der präskriptiven Studie wird im Zusammenspiel zwischen dem Vorgehensmodell (Kapitel 7) und Elementen des Beschreibungsmodells (Kapitel 6) eine Systematik mit zugehörigem Workshopkonzept zur Anwendung im Live-Lab IP - Integrierte Produktentwicklung (Kapitel 4.5.1) erarbeitet. Das Workshopkonzept umfasst neben der Einführung der Systematik zwei interaktive Phasen mit jeweils einer Befragung für die Evaluation des Workshops.

In der deskriptiven Studie II wurde die Systematik mithilfe des Workshops im Live-Lab angewandt. Es wurde von der Mehrheit der Teilnehmenden ein Mehrwert in der Systematik gesehen. Weiterführend konnte der Großteil der Teilnehmenden die initiale Phase im Rahmen des Workshops selbst anwenden. In der zweiten Phase des Workshops, welcher die Ist-, Soll- und Delta-Phase des Vorgehens aufgreift, nehmen die Anwendbarkeit und Unterstützung durch den Ansatz ab. Die Aussagen der Teilnehmenden deuten darauf hin, dass die zur Verfügung stehende Zeit während des Workshops zu kurz und die Vorerfahrung zu gering war. Dennoch sah der Großteil der Teilnehmenden einen Mehrwert in dem Ansatz und es konnten Ideen und Produktprofile abgeleitet werden. Limitierend ist anzumerken, dass die Anwendung innerhalb des Live-Labs gegenüber einer Implementierung im Unternehmen stark vereinfacht erfolgte und somit die Erkenntnisse der Studie nicht uneingeschränkt übertragbar sind. Die Wissensbasis zu dem Produktportfolio des Projektpartners sowie die Vorerfahrung im Bereich des Produktportfoliomanagements der Teilnehmenden, wie auch die Bearbeitungszeit divergieren von der späteren Anwendung im Unternehmen.

7.5 Erweiterung des Workshopkonzepts und zweite Anwendung im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung

Ziel des nachfolgenden Kapitels ist es, die Systematik sowie das zugehörige Workshopkonzept zu erweitern und den erweiterten Workshop erneut im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung durchzuführen.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Kranich, 2025)⁸.

Zur Strukturierung der Studie werden drei Leitfragen formuliert:

LF1 – Welche Verbesserungspotenziale bestehen in dem aktuellen Workshopaufbau der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios?

LF2 – Wie können die Verbesserungspotenziale umgesetzt werden, um den bestehenden Workshop zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios gezielt zu verbessern?

LF3 – Inwieweit unterstützt die im erweiterten Workshop angewandte Systematik die Produktentwickelnden bei der Ableitung von Innovationspotenzialen in der Weiterentwicklung von Produktportfolios?

7.5.1 Vorgehen

Im Rahmen der deskriptiven Studie I erfolgt eine Analyse der vorangegangenen Studien, um Optimierungspotenziale für die Erweiterung des Workshopkonzepts zu identifizieren. In der darauf aufbauenden präskriptiven Studie wird das Workshopkonzept entsprechend den Optimierungspotenzialen angepasst und erweitert. Abschließend wird in der deskriptiven Studie II das erweiterte Workshopkonzept erneut im Live-Lab IP - Integrierte Produktentwicklung WS 24/25 angewandt und evaluiert, um zu überprüfen, inwieweit die Anpassungen die Anwendbarkeit und Unterstützung verändert haben.

⁸ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

7.5.2 Überarbeitetes Workshopkonzept

Zentrale Verbesserungspotenziale ergeben sich aufgrund der Aussagen der Produktentwickelnden in der vorherigen Durchführung. Es wurde angemerkt, dass die *„Anwendung mit geringen Kenntnissen des Portfolios sehr schwierig [...] sei, eine Durchführung an [...] etwas weniger High-Level, anhand passender Methoden die einzelnen Schritte durch[gegangen]“* werden soll und eine *„Anwendung an [einem] reduzierte[n] Beispiel“* als sinnvoll erachtet wird.

Entsprechend den Verbesserungspotenzialen wurde der Workshop organisatorisch und inhaltlich überarbeitet. Das Durchlaufen der initialen Phase sowie der Ist-, Soll- und Delta-Phase wurde in zwei Workshops aufgeteilt. In der Analysephase des Live-Labs findet nun ein separater Workshop zur initialen Phase der Systematik für eine Stunde statt. In der Potenzialfindungsphase behandelt ein zweiter Workshop in zwei Stunden die Ist-, Soll- und Delta-Phase der Systematik. Die beiden Workshops werden nachfolgend kurz vorgestellt. Dies stellt eine erste Unterscheidung zum ersten Workshopdurchlauf dar und ermöglicht mehr Zeit für die Durchführung der einzelnen Phasen.

Workshop Teil 1 – initiale Phase der Systematik

Im Anschluss an eine Motivation und Zielsetzung des Workshops folgt eine Erläuterung notwendiger Begriffe und Grundlagen. Anschließend wird die Vorstellung der Systematik analog zur ersten Durchführung vorgenommen. Neben der ausführlicheren Erläuterung der Begriffe sowie dem Auftrennen von Ist-, Soll- und Delta-Phase stellt den entscheidendsten Unterschied zur ersten Durchführung die Vorbereitung eines online Boards dar, um die Anwendung konkreter zu gestalten (Abbildung 7.17).

Im ersten Schritt sollen in Anlehnung an Kapitel 6.3 drei „Einflüsse 1-3“ identifiziert und kategorisiert werden. Ein „Einfluss 0“ ist durchgehend als reduziertes Beispiel entlang der Workshopvorlage modelliert. Die Einflüsse werden bewertet und die auf das Produktportfolio wirkenden Einflüsse (Schritt 2) an einer vorgegebenen Produktportfoliostruktur angetragen (Schritt 3). Die Wirkorte der Einflüsse werden modelliert (Schritt 4) und es ergibt sich eine Übersicht über die Wirkungsbereiche der verschiedenen Einflüsse auf das Produktportfolio (Schritt 5), welche gleichzeitig als Input für den zweiten Workshop dient. Der Workshop schließt mit der Teilnahme an einer online Umfrage zur Evaluation des Workshops.

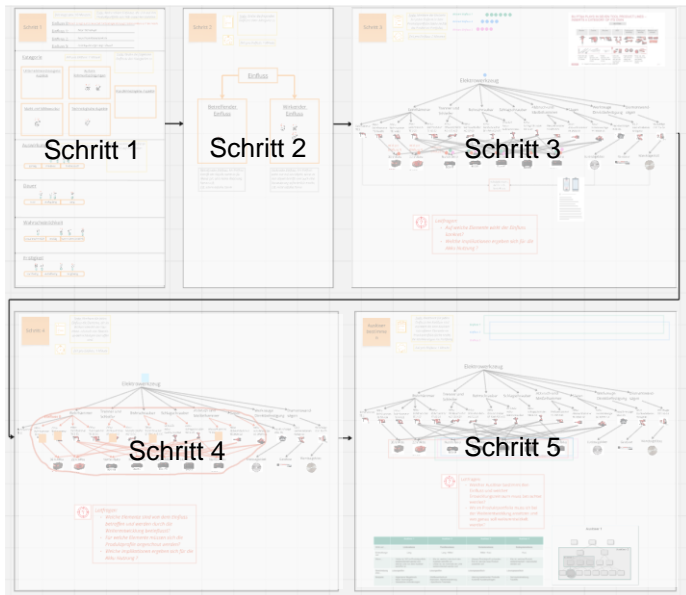


Abbildung 7.17: Abstrahierte Workshopergebnisse des ersten Workshops in der Analysephase des Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung. Die detaillierten Arbeitsergebnisse des Workshops stellen einen Teil des Projektes IP – Integrierte Produktentwicklung dar und unterliegen der Vertraulichkeit, daher können diese nicht gezeigt werden. Abbildung adaptiert nach Kranich (2025)⁹.

⁹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Workshop 2 – Ist-, Soll- und Delta-Phase der Systematik

Im Zeitraum der Potenzialfindungsphase des Live-Labs werden die Ist-, Soll- und Delta-Phase der Systematik in einem zweistündigen Workshop durchlaufen. Einer allgemeinen Einführung in die Systematik folgend, wird ein Zwischenergebnis der initialen Phase, welches auf identifizierten Einflüssen aus dem ersten Workshop beruht, als Input vorgegeben, da nicht alle Teilnehmenden der Ist-, Soll- und Delta-Phase bereits an der initialen Phase teilgenommen haben. Daraufhin erfolgt die Vorstellung der Ist- und Soll-Phase sowie der Delta-Phase jeweils getrennt durch einen interaktiven Teil sowie online Umfragen als Teil der Evaluation.

Im ersten interaktiven Teil sollen zunächst aufbauend auf dem vorgegebenen Ergebnis der initialen Phase zwei durch Einflüsse betroffene Elemente untersucht und das zugehörige Ist-Produktprofil auf der jeweiligen Ebene (vgl. Kapitel 6.2) modelliert werden. Korrelierend mit den beiden betrachteten Elementen sollen ebenfalls im Soll-Zustand die adaptierten zukünftigen Produktprofile als Soll-Produktprofile erstellt werden. Entsprechend dem Verbesserungspotenzial aus der ersten Durchführung wurde jeweils ein ausgefülltes Produktprofil als Hilfestellung zur Verfügung gestellt.

Im zweiten interaktiven Teil wurde die Delta-Phase durchlaufen. Der zweite interaktive Teil war in drei Arbeitsschritte unterteilt. Im ersten Schritt wurden die Unterschiede zwischen dem aktuellen Produktprofil im Ist-Zustand und den zukünftigen Produktprofilen bestimmt. Daraufhin wurde mittels einer Nutzwertanalyse versucht, den Gesamtnutzen der geplanten Produkte zu überschlagen. Der ermittelte Nutzwert diene als Indikator, um darauffolgend die Variationsanteile zwischen den Produktprofilen und eventuell notwendige Zwischenstufen an Produktprofilen in einer initialen Roadmap zu unterteilen.

Eine abstrahierte Übersicht über den Workshopaufbau des zweiten Workshops kann Abbildung 7.18 entnommen werden. Aufgrund dessen, dass die Arbeitsergebnisse als Teil des Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung der Vertraulichkeit unterliegen, können diese nicht detailliert gezeigt werden. Der Fokus der Evaluation richtet sich daher auf die Evaluation mittels der online Umfrage sowie der Aussagen der Studierenden zur Anwendbarkeit und Unterstützung des Ansatzes im nachfolgenden Kapitel.

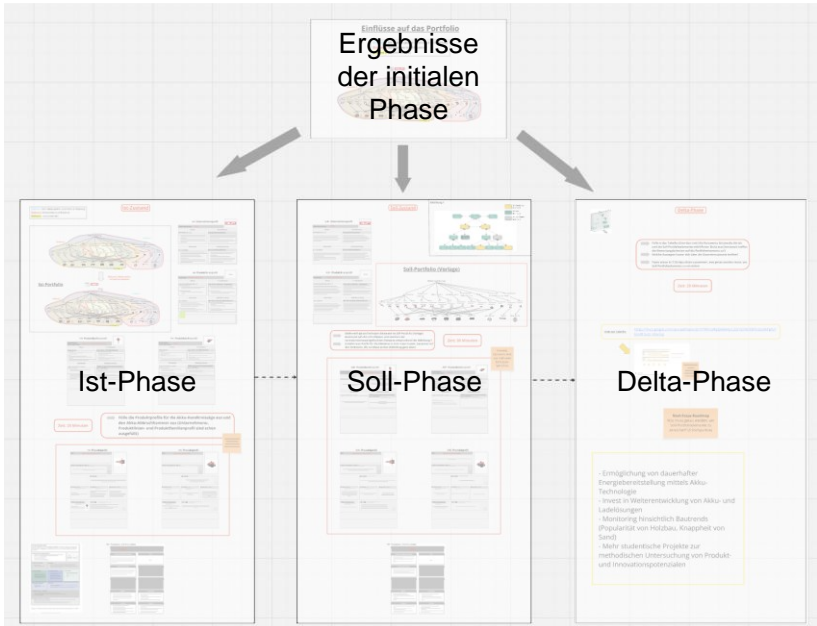


Abbildung 7.18: Abstrahierte Workshopergebnisse des zweiten Workshops in der Potenzialfindungsphase des Live-Labs IP – Integrierte Produktentwicklung. Die detaillierten Arbeitsergebnisse des Workshops stellen einen Teil des Projektes IP – Integrierte Produktentwicklung dar und unterliegen der Vertraulichkeit, daher können diese nicht gezeigt werden. Abbildung adaptiert nach Kranich (2025)¹⁰.

¹⁰ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

7.5.3 Evaluation des Workshops

Nachfolgend werden die Ergebnisse des erweiterten Workshopkonzeptes (Kapitel 7.5) mit den Ergebnissen des initialen Workshops (Kapitel 7.4) gegenübergestellt und anschließend diskutiert.

Abbildung 7.19 zeigt die gestellten Evaluationsfragen sowie die zugehörigen Ergebnisse. Teile der Evaluationsfragen wurden bewusst zum Zweck der Vergleichbarkeit in der Evaluation des initialen Workshops sowie des erweiterten Workshops beibehalten. Lediglich eine Selbsteinschätzung zu dem erwarteten Mehrwert durch die Methodik wurde in der Evaluation zum erweiterten Workshop hinzugefügt. Für die Auswertung der Ergebnisse wurden ausschließlich vollständige Umfragen berücksichtigt und damit 17 Datensätze ausgewertet.

Die Ergebnisse der Evaluation zeigen im unmittelbaren Vergleich zur ersten Durchführung des Workshops, dass tendenziell die Anwendbarkeit und das Unterstützungspotenzial gesteigert werden konnten. Insbesondere im Bereich der Ist-, Soll- und Delta-Phase des Workshops konnte die Anwendbarkeit gesteigert werden. Die Zustimmung der Teilnehmenden zur Anwendbarkeit stieg von 28 % auf 71 % für die Ist- und Soll-Phase sowie 70 % für die Delta-Phase. Das erweiterte Workshopkonzept verbessert weiter nach Aussage des Großteils der Befragten den Prozess der Weiterentwicklung des Produktportfolios. So stimmten zunächst 64 % der Teilnehmenden bei der initialen Durchführung tendenziell zu, dass das Workshopkonzept den Prozess der Weiterentwicklung von Produktportfolios verbessere, für den erweiterten Workshop stieg die Zustimmung auf 94 %. Der Zugewinn an Anwendbarkeit und Unterstützungspotenzial kann jedoch nicht eindeutig auf die inhaltliche Überarbeitung der Workshopunterlagen zurückgeführt werden, da ebenfalls der Workshopaufbau und die Dauer des Workshops angepasst wurden. Insbesondere die kurze Bearbeitungszeit stellte einen Hauptverbesserungspunkt in der initialen Anwendung des Workshops dar.

Die Aussagen von Teilnehmenden aus dem Freitextfeld der online Umfrage konnten in drei Gruppen unterteilt werden: Zeitmangel, Anmerkungen zur Systematik und Anmerkungen zur Umsetzung des Workshops. Ebenso wie in der ersten Durchführung wurde die Bearbeitungszeit mehrfach als zu knapp eingestuft. Der deutlich gesteigerte wahrgenommene Mehrwert der Methodik gegenüber der ersten Anwendung wurde dennoch nicht von allen Anwendenden gesehen: *„Die Methode ist für eine Gesamtbetrachtung wirklich super sinnvoll. Es ist lohnenswert, sich damit zu beschäftigen, um einen Gesamtüberblick zu bekommen und die Schnittstellen zu erkennen“* steht der Aussage gegenüber *„Bei mir ist leider nicht ganz angekommen, was der Mehrwert der Methode ist“*, was ggf. auch auf die Umsetzung der Workshops als dritte Gruppe der Anmerkungen zurückgeführt werden kann.

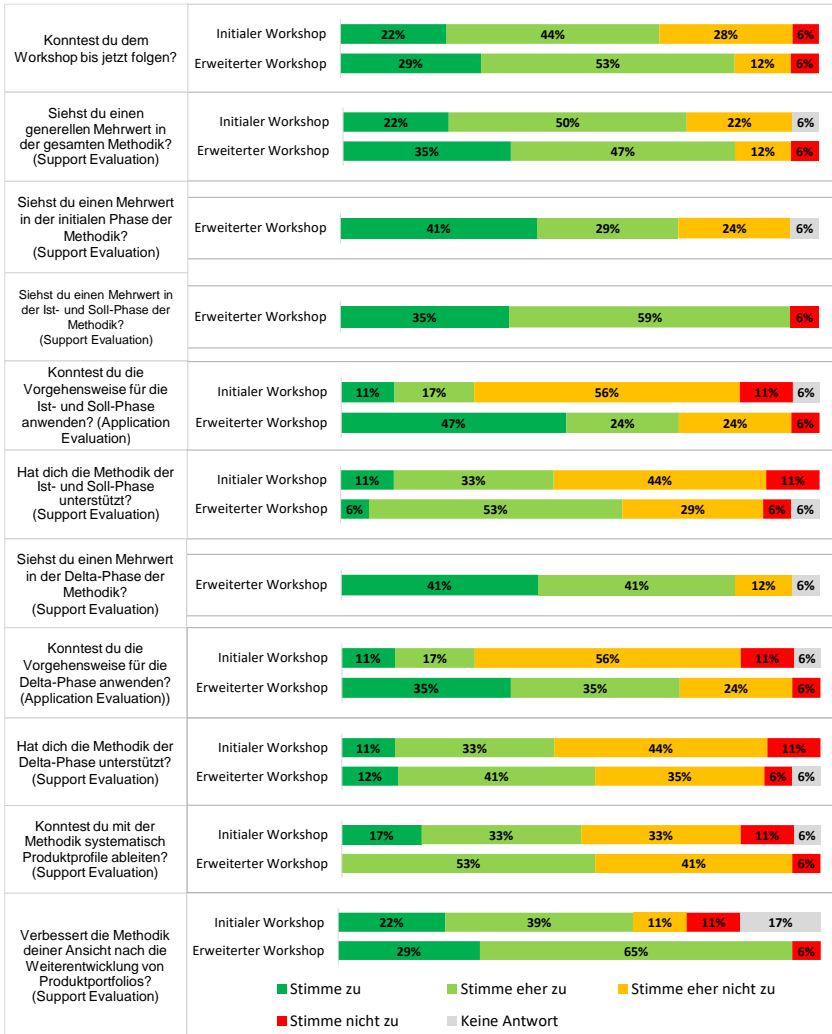


Abbildung 7.19: Vergleich der Umfrageergebnisse zwischen initialem und erweitertem Workshop. Es zeigt sich eine tendenzielle Verbesserung. Abbildung adaptiert nach Kranich (2025)¹¹.

Einzelne Kommentare zeigen hier entgegen der ersten Anwendung in IP2023/24 auf, dass die Ziele des Workshops und der Zeitpunkt in IP2024/25 nicht unmittelbar passend zu den Projektzielen in der Lehrveranstaltung gesehen wurden.

7.5.4 Zwischenfazit

Basierend auf der Durchführung des ersten Workshops zur Anwendung der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung wurde innerhalb des vorliegenden Kapitels der Workshop weiterentwickelt. Verbesserungspotenziale wie zu wenig Zeit und der Wunsch nach einem konkreteren Leitbeispiel wurden im Rahmen der präskriptiven Studie aufgegriffen.

Die Anwendung und Evaluation des Workshopkonzeptes im Rahmen der deskriptiven Studie II zeigen, dass in der Tendenz die Anwendbarkeit und Unterstützung durch die im Workshop angewandte Systematik aus Sicht der Teilnehmenden verbessert werden konnten. Der erweiterte Zeitrahmen ermöglichte eine tiefere Auseinandersetzung mit der Systematik. Weiterhin wurde auch in der zweiten Iteration angegeben, dass mehr Zeit für die Durchführung und das Aufbauen von Hintergrundwissen benötigt wird.

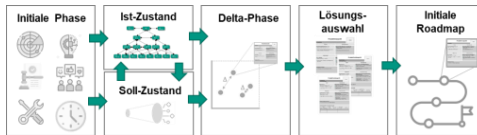
Limitierend ist zu erwähnen, dass sich bei dem Vergleich der beiden Evaluationsstudien nicht nur die Ausgestaltung des Workshops verändert hat. Ebenfalls stellen die beiden Evaluationsgruppen unterschiedliche Jahrgänge mit unterschiedlichen Teilnehmenden sowie einem unterschiedlichen Unternehmenspartner dar. Zudem liegt in beiden Jahrgängen nicht die gleiche IP-Aufgabenstellung vor, auch wenn diese in Komplexität und Umfang vergleichbar ist. Daher wird im Rahmen des vorliegenden Kapitels trotz einer teils hohen numerischen Verbesserung, bspw. die wahrgenommene Verbesserung des Prozesses von 64 % Zustimmung bei initialer Durchführung auf 94 % für den erweiterten Workshop, lediglich eine Tendenz für eine Verbesserung ausgesprochen. Die Evaluation innerhalb eines Live-Labs ermöglicht eine realitätsnahe Anwendung von Methoden bei steuerbaren Randbedingungen. Die Anwendung der Systematik durch Studierende ohne Unternehmensefahrung stellt jedoch eine Limitation gegenüber der späteren Anwendung im Unternehmen dar (vgl. 7.4.5). Um diese Lücke zu schließen, soll in Kapitel 8 die Anwendung und Evaluation im Unternehmenskontext forciert werden.

¹¹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

7.6 Fazit zur Erarbeitung eines Vorgehensmodells zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios

In Kapitel 7 konnte über fünf Studien hinweg ein Vorgehensmodell zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios als Teil der Systematik erarbeitet werden (vgl. Abbildung 7.20). In der ersten Studie wurden ein initiales Vorgehensmodell sowie ein operationalisierter online Leitfaden erstellt und initial mit Expertinnen und Experten aus der Entwicklungsmethodik und Unternehmen evaluiert. Die erste Erweiterung griff Elemente des Beschreibungsmodells auf und erweiterte die initiale Phase des Vorgehensmodells (Kapitel 7.2). In einer zweiten Erweiterung (Kapitel 7.3) wurden ebenfalls die Ist-, Soll- und Delta-Phase weiter ausgestaltet. Das erarbeitete Vorgehensmodell wurde mithilfe eines Workshopkonzepts im Live-Lab IP – Integrierte Produktentwicklung 23/24 evaluiert (Kapitel 7.4). Entsprechend den Evaluationsergebnissen wurden das Vorgehensmodell sowie der Workshop überarbeitet und in IP 24/25 erneut angewandt (Kapitel 7.5).

Kap 7.1 Initiales Vorgehensmodell



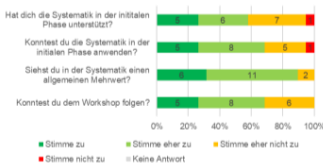
Kap 7.2 – Erweiterung und Detaillierung der initialen Phase



Kap 7.3 – Erweiterung und Detaillierung der Ist-, Soll- und Delta-Phase



Kap 7.4 – Erstellung Workshopkonzept + Anwendung in IP 23/24



Kap 7.5 – Erweiterung Workshopkonzept + Anwendung in IP 24/25

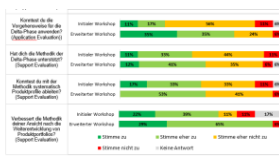


Abbildung 7.20: Übersicht über die Kernergebnisse der einzelnen Studien in der Erarbeitung eines Vorgehensmodells in Kapitel 7.

8 Anwendung der Systematik im Unternehmenskontext

Innerhalb des vorliegenden Kapitels wird die Anwendung der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios im Unternehmenskontext im Sinne der deskriptiven Studie II als Erweiterung der initialen Evaluationsstudien in Kapitel 6 und 7 behandelt. Das Kapitel stellt damit den letzten Teil der Forschungsmethodik (Kapitel 4.3) zur Entwicklung der Systematik dar und stellt die Grundlage zur Beantwortung der Forschungsfragen FF3.1, FF3.2 sowie FF3.3 (Kapitel 3.4). Damit gliedert sich das Kapitel angelehnt an die DRM nach Blessing und Chakrabarti (2009) als deskriptive Studie II an die vorangegangenen Studien an.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel, Kempf, Thümmel & Albers, 2025) und waren Gegenstand von durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeiten (Kunert, 2024)¹ sowie (Kaiser, 2024)².

Ziel des Kapitels ist es, an die Evaluationsaktivitäten aus Kapitel 6 und 7 durch Studierende im Rahmen von Live-Labs (vgl. Abbildung 4.3 – M3) anzuschließen und die erarbeitete Systematik im Unternehmenskontext in umfassenderen Evaluationsstudien gemeinsam mit Expertinnen und Experten aus den Unternehmen (vgl. Abbildung 4.3 – M4) durchzuführen. Folgende Leitfrage wird für die Durchführung der Evaluation gestellt:

LF – Inwieweit sind die Anwendbarkeit, die Unterstützung und ein Erfolg durch den Einsatz der Systematik in der Unternehmensanwendung vorhanden?

Die gestellte Leitfrage greift die Bewertungskriterien in Anlehnung an Blessing und Chakrabarti (2009) auf. Die Evaluation des Erfolgs der Systematik wird jedoch lediglich als *erwarteter Mehrwert* betrachtet. Grund hierfür ist die hohe Latenz eines erkennbaren Effekts, da für überprüfbare Ergebnisse die Ergebnisse aus der Anwendung der Systematik in dem Produktportfolio des Unternehmens umgesetzt

¹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

² Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

werden müssten und daraufhin der Markterfolg der Anpassungen aufgrund der Systematik abgewartet werden müsste, um einen Erfolg fundiert belegen zu können. Um die Leitfrage dennoch zu beantworten und die Systematik weiter zu evaluieren, werden nachfolgend zwei Fallstudien durchgeführt sowie ein Ansatz zum Transfer der Systematik erarbeitet. In der ersten Fallstudie wird in Kapitel 8.1 die Systematik als Kombination von Vorgehens- und Beschreibungsmodell am Beispiel der Witzenmann GmbH ausgeführt und gemeinsam mit zwei Expertinnen und Experten aus dem Unternehmen evaluiert. In Kapitel 8.2 wird die Systematik im Unternehmen Henke-Sass, Wolf GmbH, angewandt und evaluiert. In Kapitel 8.3 wird die Entwicklung eines Ansatzes zum Transfer der Systematik in die Unternehmensanwendung vorgenommen.

8.1 Anwendung der Systematik mit der Witzenmann GmbH

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel, Kempf, Thümmel & Albers, 2025) und waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Kunert, 2024)³.

8.1.1 Vorgehen zur Anwendung mit der Witzenmann GmbH

Im Rahmen der ersten Fallstudie wird die Systematik am Beispiel des Unternehmens Witzenmann GmbH, eines Herstellers von flexiblen Metallverbindungselementen für den Anlagen- und Automobilbau, angewandt. Um den Unternehmensbezug zu generieren und gleichzeitig den entstehenden Aufwand im Unternehmen gering zu halten, wird die Systematik durch den Autor der Arbeit in Zusammenarbeit mit Kunert (2024)⁴ im Rahmen einer Abschlussarbeit stellvertretend für das Unternehmen Witzenmann GmbH durchgeführt. Entlang des Vorgehensmodells der Systematik werden die unternehmensbezogenen Ergebnisse sowie die Systematik selbst in zwei einzelnen Interviews mit zwei Expertinnen und Experten aus dem Unternehmen mit Fokus auf den Kriterien Anwendbarkeit und Unterstützungspotenzial sowie auf den erwarteten Mehrwert diskutiert. Nach jeder Phase der Systematik erfolgt eine Zwischenevaluation sowie zum Ende des Interviews eine Gesamtevaluation. Die unternehmensbezogenen Ergebnisse werden nicht explizit in die Evaluation einbezogen, da diese nicht durch

³ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

⁴ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

das Unternehmen Witzenmann selbst erarbeitet wurden. Die Ergebnisse dienen lediglich der Diskussion des Leitfadens im Sinne einer Fallstudie. Der Aufbau sowie die gezeigten Inhalte und Ergebnisse sind in beiden Interviews identisch. Der Ablauf der Interviews ist schematisch in Abbildung 8.1 dargestellt.

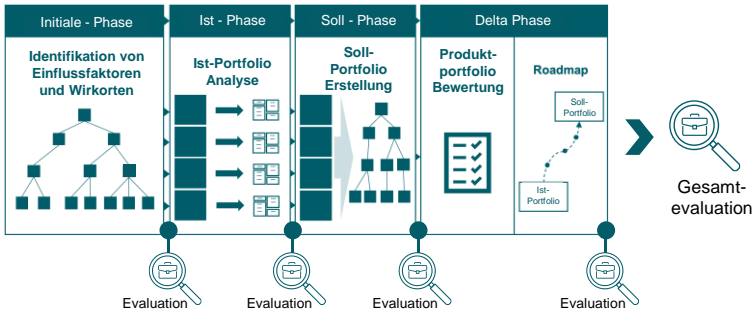
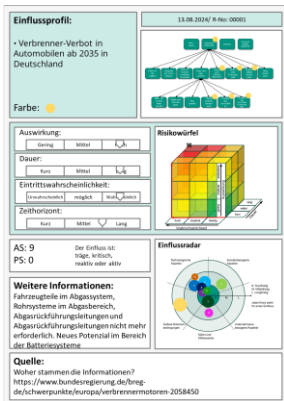


Abbildung 8.1: Der Ablauf des Interviews orientiert sich an den Vorgehensschritten der Systematik. Die Evaluation findet jeweils nach den einzelnen Phasen sowie mittels einer Gesamtevaluation zum Ende des Interviews statt. Abbildung adaptiert nach Kunert (2024)⁵.

Zum Ende jeder Phase werden, wie in Abbildung 8.2 exemplarisch für die initiale Phase gezeigt, die Ergebnisse der Phase zusammengefasst und mithilfe von Evaluationsfragen eine Einschätzung der Anwendbarkeit, des Unterstützungspotenzials sowie des erwarteten Mehrwerts der Systematik eingeholt. Den Expertinnen und Experten werden die Schritte und Ergebnisse der Systematik präsentiert, jedoch führen diese die Systematik nicht selbst aktiv im Unternehmen durch. Die Fallstudie konzentriert sich daher auf die Einschätzungen der beiden Expertinnen und Experten aus Sicht des Unternehmens auf Grundlage der unternehmensspezifisch vorbereiteten Ergebnisse der Systematik.

Die Unternehmensexpertinnen und -experten aus dem Innovationsmanagement werden in der nachfolgenden Evaluation als *Innovationsmanager 1* (IM1) und *Innovationsmanager 2* (IM2) bezeichnet. Das Interview mit IM1 umfasste 71 Minuten, mit IM2 dauerte das Interview 46 Minuten. Die gestellten Evaluationsfragen werden analog zu Abbildung 8.2 auf die aktuelle Phase adaptiert.

⁵ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)



Evaluationsfragen

1. Konntest du der Methode bis jetzt **folgen**?
2. Sind die links dargestellten Schritte **anwendbar**?
3. Erkennst du einen **Mehrwert** der initialen Phase?
4. **Unterstützt** dich das Einflussstemplate bei der Betrachtung von Auslösern auf das Portfolio?
5. **Verbessert** die Methodik die Dokumentation, Bewertung und Darstellung von Einflüssen?
6. Was blieb **unklar**?
7. Welche Aspekte sind **ausbaufähig**?
8. Welche Aspekte sind **gut**?

Abbildung 8.2: Die Abbildung zeigt exemplarisch eines von zehn Einflussprofilen sowie die Evaluationsfragen, welche nach jeder Phase gestellt wurden. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Thümmel und Albers (2025).

8.1.2 Ergebnis aus der Anwendung mit der Witzemann GmbH

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus den beiden Interviews entlang der einzelnen Phasen des Vorgehensmodells der Systematik aufgezeigt.

Evaluation zur initialen Phase der Systematik

Anwendbarkeit: Laut Einschätzung von Innovationsmanager 1 kann die initiale Phase angewendet werden. IM1 äußert jedoch Bedenken hinsichtlich der Komplexität und des damit einhergehenden Zeitaufwands für die initiale Phase. „Wenn es zu ausführlich wird, dann kann das auch abschreckend wirken. [...] Der Mehrwert muss schon klar gemacht werden, warum man das macht.“ Für Unternehmen ohne eine Affinität und bestehende Akzeptanz für Methoden könnte das Vorgehensmodell zu kompliziert und aufwendig gestaltet sein. Wie auch IM1 hält IM2 die initiale Phase für anwendbar, gibt jedoch zu bedenken, dass der Aufwand zu hoch sein könnte und dass die einzelnen Schritte konsequent und effizient umgesetzt werden müssten.

Unterstützung: Das Prozessmodell könnte nach Einschätzung der beiden Innovationsmanager für Unternehmen, die methodisch arbeiten, hilfreich sein. Positiv hervorgehoben wird die Identifikation von Einflussfaktoren als kollektiver Prozess. Gleichzeitig wird jedoch die Einbindung mehrerer Personen in den Prozess auch als Herausforderung gesehen. IM2 sieht Unterstützungspotenzial vor allem

durch die Dokumentation in Einflussprofilen (Beschreibungsmodell, Kapitel 6.3), um einen Überblick über die Einflussfaktoren zu gewinnen. Weiter kann die Kategorisierung von Einflussfaktoren helfen, die Weiterentwicklung des Produktportfolios systematisch zu betrachten und mit Zukunftsfeldern zu verknüpfen.

Erwarteter Mehrwert: IM1 stellt das strukturierte Vorgehen als solches als Mehrwert heraus. Es ist jedoch eine einfache und verständliche Erklärung der einzelnen Teilschritte erforderlich, um eine Akzeptanz des Ansatzes im Unternehmen zu erreichen. IM2 sieht einen Mehrwert in der langfristigen und systematischen Berücksichtigung von Einflussfaktoren sowie den zugehörigen Dokumentationsmöglichkeiten. Das systematische Vorgehen und die detaillierte Dokumentation können zu einer klaren und zielgerichteten Diskussion im Entwicklungsprozess führen, insbesondere für strategische Entscheidungen über Zukunftsfelder. IM1 sowie IM2 betonten positiv die strukturierte Vorgehensweise und die Unterstützung bei der Generierung einer Übersicht. Innovationsmanager 2: *„kann ich mir sehr gut vorstellen. Es geht in so eine Richtung, dass man halt alles so ein bisschen im Überblick hat und sieht, wo sich welche Sachen hin entwickeln.“* Gleichzeitig äußern beide Innovationsmanager Bedenken, dass der Aufwand recht hoch ausfällt und damit eine hohe Akzeptanz für die Umsetzung des Vorgehensmodells im Unternehmen erforderlich ist.

Evaluation zur Ist-Phase der Systematik

Anwendbarkeit: Für die Weiterentwicklung wird die Betrachtung des aktuellen Produktportfolios als notwendig angesehen. IM1 betont jedoch, dass im Idealfall Unternehmen bereits ein hinreichend gutes Verständnis ihres Produktportfolios haben sollten. IM2 schätzt die Ist-Phase als prinzipiell anwendbar ein.

Unterstützung: Der Ansatz bietet nach IM1 eine Unterstützung, da eine Grundlage für zukünftige Entscheidungen geschaffen wird. IM2 sieht die Grundannahme der hierarchischen Struktur des Produktportfolios (Kapitel 6.1) sowie die daraus resultierende Vererbung über Ebenen des Produktportfolios (Kapitel 6.2) als hilfreich an. Unter Voraussetzung des richtigen Detaillierungsgrades, um den Aufwand gering zu halten, wird auch die Erstellung von Produktprofilen als hilfreich im Entwicklungsprozess bewertet.

Erwarteter Mehrwert: Insbesondere IM1 sieht den Mehrwert der Ist-Phase kritisch, wenn die durchgeführten Analysen zu detailliert und zeitaufwändig sind. Der Mehrwert der Ist-Phase wird von IM1 vor allem in der Vorbereitung der Soll-Phase gesehen. Nach IM2 besteht der Mehrwert der Ist-Phase darin, einen systematischen Überblick zu gewinnen und kritische Punkte aus der Vergangenheit zu identifizieren.

Beide Innovationsmanager betonen, dass Unternehmen idealerweise ihr Produktportfolio kennen sollten. Sie empfehlen den Aufwand für die Ist-Phase möglichst gering zu halten.

Evaluation zur Soll-Phase der Systematik

Anwendbarkeit: Die Soll-Phase wird von IM1 als anwendbar eingestuft, sofern die verwendeten Methoden der Vorausschau (z.B. Szenariotechnik, Prognose nach Trends oder Persona-Methode) nachvollziehbar gestaltet sind. IM2 äußert den Wunsch, dass die Anzahl von im Leitfaden aufgegriffenen Methoden der Vorausschau reduziert werden soll. Der Fokus sollte nach Einschätzung von IM2 auf wesentliche Methoden gelegt werden, um den Aufwand gering und damit die Akzeptanz des Vorgehensmodells im Unternehmen hoch zu halten.

Unterstützung: Die Soll-Phase birgt laut IM1 ein hohes Unterstützungspotenzial, da sie den Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung setzt und insbesondere die Ableitung neuer Ideen und zukünftiger Produktprofile fördert.

Erwarteter Mehrwert: Der erwartete Mehrwert ist für IM1 durch die Möglichkeit gegeben, zukünftige Profile auf Basis mehrerer Methoden zu gestalten. Jedoch gilt es, den Nutzen der Phase deutlicher zu kommunizieren. Um eine bessere Akzeptanz zu erreichen, wird ebenfalls zur Integration von Erfolgsbeispielen aus bestehenden Durchführungen geraten. Ein potenzieller Mehrwert wird laut IM2 durch die Entwicklung von Szenarien und die Schaffung einer Basis für strategische Diskussionen generiert. Innovationsmanager 2: *„[...] wahnsinnig gute Diskussionsgrundlage, im Endeffekt die Inhalte dann auch zu entscheiden oder auch jetzt dann in Szenarien oder auch in weiteren Themen zu denken. Also klar, das würde wahrscheinlich helfen, [...]“*. Beide Innovationsmanager messen der Soll-Phase eine große Bedeutung zu, insbesondere wird der systematische Ansatz als nützlich zur Identifizierung von Weiterentwicklungsbereichen und neuen Produktprofilen angesehen.

Evaluation zur Delta-Phase der Systematik

Anwendbarkeit: Innovationsmanager 1 gibt an, dass im Hinblick auf die Anwendbarkeit das Vorgehen der Systematik gut strukturiert ist. Um zu detaillierte und kleinschrittige Diskussionen innerhalb des Unternehmens über einzelne Bewertungen zu vermeiden, sollte der Detailgrad allerdings nicht zu hoch angesetzt werden. Entscheidend für die Anwendbarkeit ist laut IM2 ein angemessenes Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen. Innovationsmanager 2 limitiert seine Einschätzung, da eine praktische Anwendung der Delta-Phase als Test notwendig sei, um den Nutzen der Delta-Phase vollständig bewerten zu können.

Unterstützung: Damit die Delta-Phase den Entwicklungsprozess unterstützt, muss nach IM1 ein angemessenes Nutzen-Aufwand-Verhältnis erreicht werden. Nach IM2 unterstützt die Delta-Phase durch klare Analysen das Treffen strategischer Entscheidungen. Die integrierte Priorisierung von Änderungen kann dazu beitragen, Risiken im Entwicklungsprozess zu reduzieren. Darüber hinaus kann die generationsübergreifende Produktlandkarte als Teil der Delta-Phase Diskussionen unterstützen. Innovationsmanager 2: *„Ich glaube, um die Themen zu diskutieren, hilft [die Produktlandkarte] im Endeffekt [...] dann auch, strategische Entscheidungen zu treffen.“*

Erwarteter Mehrwert: IM1 sieht den Mehrwert der Delta-Phase insbesondere in einer systematischen Bewertung der einzelnen geplanten Anpassungen sowie der anschließenden Priorisierung in einzelne Weiterentwicklungen. IM1 betont die Notwendigkeit, den Umfang der Delta-Phase zu begrenzen, um einen angemessenen Detaillierungsgrad für die Weiterentwicklung zu erhalten. Als Mehrwert hebt IM1 die Möglichkeit eines strukturierten Vorgehens bei komplexen Änderungen und eine Priorisierung von Risiken und Chancen hervor. IM2 hebt insbesondere hervor, dass die Identifizierung von Lücken in den bestehenden Produkten und Entwicklungen strategische Entscheidungen für die Zukunft ermöglichen kann.

Gesamtfazit zur Systematik - Phasenübergreifend

Die übergreifende **Anwendbarkeit** der Systematik wird durch beide Innovationsmanager grundsätzlich gesehen: Innovationsmanager 2: *„[vom] Aufbau her ist es klar und auch welche Elemente ihr dort verwendet habt und auch [die] Methodik ist, denke ich, auch nachvollziehbar.“* IM1 merkt an, dass durch einfachere Erklärungen die Akzeptanz der Systematik in einem Unternehmen weiter gesteigert würde. IM2 sieht ebenfalls die Akzeptanz des Ansatzes als zentrale Herausforderung, es bedarf der Bereitschaft im Unternehmen, sich intensiv mit der Systematik zu beschäftigen. Aufgrund der hohen Komplexität des Ansatzes gibt IM1 zu bedenken, dass für die langfristige Anwendung des Vorgehensmodells eine ständige Unterstützung durch Expertinnen oder Experten notwendig sein kann. IM2 sieht eine Einstiegshürde in die Systematik, hebt jedoch hervor, dass, sobald dieser Aufwand überwunden ist, das Modell angewandt werden könnte. Jedoch empfiehlt IM2, dass der Ansatz über mehrere Jahre erprobt, verfeinert und auf die wichtigsten Aspekte kondensiert werden sollte.

Hinsichtlich der übergreifenden **Unterstützungsevaluation** stellt IM1 fest, dass die Festlegung klarer Strukturen die Weiterentwicklung des Produktportfolios unterstützt. Voraussetzung dafür ist eine konsequente Umsetzung der Systematik

im Unternehmen. Ebenfalls betont IM2, dass die vorgegebene Struktur des Entwicklungsprozesses und die damit verbundene systematische Vorgehensweise die Weiterentwicklung des Produktportfolios unterstützen. Als zentrale Herausforderung nennt IM2 erneut die Akzeptanz des Ansatzes bei den am Entwicklungsprozess beteiligten Mitarbeitenden. Ist diese gegeben, fördere die Systematik eine kohärente und abgestimmte Zusammenarbeit im Unternehmen.

Der **Mehrwert** des Prozessmodells ist laut IM1 **zu erwarten**. IM1 betont jedoch, dass es erforderlich ist, den Mehrwert allen Beteiligten im Unternehmen deutlich zu machen. Hierfür sei eine klare Kommunikation des Nutzens der einzelnen Phasen oder ein Beispielprojekt hilfreich. Nach der Einschätzung von IM2 liefert der Ansatz das Potenzial, bisher nicht berücksichtigte Aspekte und Themen im Unternehmen zu identifizieren. Innovationsmanager 2: *„Man kommt wahrscheinlich auf, ich sage mal 60-70 Prozent ähnliche Dinge, die man auch bei anderen Dingen tut. Aber [...] an vielen Stellen ist ja der entscheidende Faktor, [...] die nicht auf der Hand liegenden Dinge zu identifizieren.“* Als wesentlichen Mehrwert nennt IM2 die Möglichkeit, auf der Grundlage systematischer Analysen fundierte strategische Entscheidungen zu treffen. Um den Mehrwert wirklich messbar zu machen und die Effizienz und Akzeptanz der Systematik zu verbessern, wird eine mehrjährige Pilotanwendung empfohlen.

8.1.3 Zwischenfazit

Übergreifend sehen die beiden Innovationsmanager der Witzenmann GmbH grundlegend die Anwendbarkeit, Unterstützung sowie einen erwarteten Mehrwert der Systematik bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios. Das Potenzial des Ansatzes liegt nach Einschätzung der Innovationsmanager vor allem in der strukturierten Vorgehensweise, Dokumentation der Weiterentwicklung sowie Inbezugnahme von existierenden Methoden. Ein mehrfach von beiden Innovationsmanagern als kritisch angesehener Faktor ist die Akzeptanz des Ansatzes im Unternehmen. Die Systematik ist nach Einschätzung der beiden Innovationsmanager in der Tendenz eher zu umfangreich gestaltet. So verursacht die Einführung des Ansatzes im Unternehmen einen nicht vernachlässigbaren Aufwand, welcher im Verhältnis zum absehbaren Nutzen stehen muss. Beide Innovationsmanager merken an, dass eine fundierte Einschätzung zu den entstehenden Aufwänden und dem daraus resultierenden Mehrwert lediglich nach einer Anwendung über einen langen Zeitraum (mehrere Jahre) möglich sei. Dies bringt die Limitation mit sich, dass es sich bei den Aussagen der Innovationsmanager, wie am Anfang des Kapitels erwähnt, lediglich um Einschätzungen handelt. Ein Schritt in Richtung einer umfassenderen Evaluation wird mit nachfolgender Anwendung bei der Henke-Sass, Wolf GmbH (HSW) gemacht.

8.2 Anwendung der Systematik bei Henke-Sass, Wolf GmbH

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben auf einer Fachkonferenz veröffentlicht (Schlegel, Kempf, Thümmel & Albers, 2025) und waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Kaiser, 2024)⁶.

8.2.1 Vorgehen zur Anwendung bei der Henke-Sass, Wolf GmbH

In der zweiten Fallstudie wurde die Systematik von einem Mitarbeitenden der Henke-Sass, Wolf GmbH, einem Hersteller für medizinische Endoskopie, Veterinärprodukte und medizinische Spritzen & Kanülen, im Rahmen einer kooperativen Masterarbeit bei der Henke-Sass, Wolf GmbH (HSW) durchgeführt (Kaiser, 2024)⁷. Über den Zeitraum von sechs Monaten wurde die Systematik durch den Abschlussarbeitenden angewandt und bewertet. Gegenüber der ersten Fallstudie liegt der Fokus der zweiten Fallstudie auf den Ergebnissen selbst, da die Systematik in diesem Fall innerhalb des Unternehmens durchgeführt wurde.

8.2.2 Ergebnis der Anwendung bei der Henke-Sass, Wolf GmbH

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus der Anwendung der Systematik entlang der einzelnen Phasen des Vorgehensmodells der Systematik aufgezeigt. Hierzu wird der Leitfaden aus Kapitel 7.3 aufgegriffen. Der Leitfaden (V3) ist vollständig in den Forschungsdaten nach Schlegel (2026a) einzusehen (<https://doi.org/10.35097/x8z32gkp26mw5xas>). Zum Abschluss jeder Phase der Systematik wird im Hinblick auf die Leitfrage zur Anwendbarkeit der Unterstützung sowie zum erwarteten Mehrwert ein Zwischenfazit gezogen.

Initiale Phase:

Der erste Schritt der initialen Phase hat zum Ziel, potenzielle Einflussfaktoren auf das Produktportfolio zu ermitteln. Zur Erhebung verschiedener Einflussfaktoren wurde eine unternehmensinterne Interviewstudie durchgeführt. Die Einflussfaktoren wurden mit Hilfe von Einflussprofilen dokumentiert, welche in Anlehnung an die

⁶ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

⁷ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Einflussprofile in Kapitel 6.3 erstellt wurden. Insgesamt konnten durch fünf Experteninterviews innerhalb des Unternehmens 23 verschiedene Einflussfaktoren identifiziert werden (Kaiser, 2024)⁸. Abbildung 8.3 zeigt ein exemplarisches Einflussprofil, das innerhalb der initialen Phase erarbeitet wurde (vgl. Kapitel 7.2).

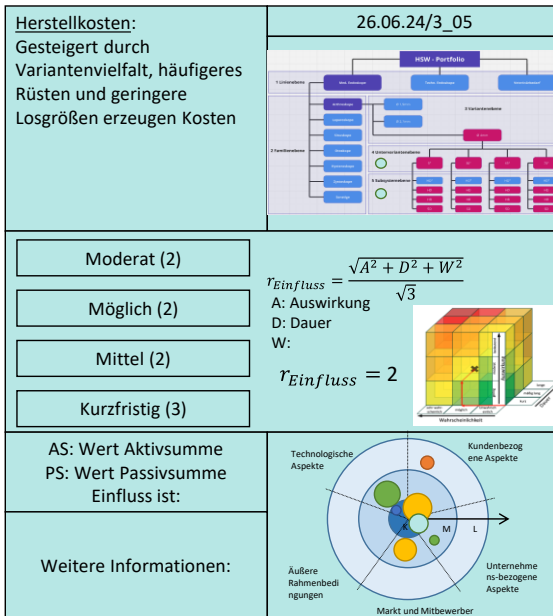


Abbildung 8.3: Ein Einflussprofil als Ergebnis der Anwendung der initialen Phase im Unternehmen Henke-Sass, Wolf GmbH zeigt, dass das Beschreibungselement sowie die zugehörigen Schritte ausgeführt werden konnten (Kaiser, 2024)⁹.

Die Beschreibung des Produktportfolios, als zweiter Schritt der initialen Phase, konzentriert sich auf die Produkte im Bereich der Arthroskopie mit einem Schaftdurchmesser von vier Millimetern, da diese den größten Marktanteil aufweisen. Abbildung 8.4 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt des modellierten Produktportfolios von Henke-Sass, Wolf GmbH.

⁸ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

⁹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Auf Linienebene (1) erfolgt die Zuordnung des Produktportfolioelementes nach der Zugehörigkeit des Wirtschaftszweigs. Die Familienebene (2) spezifiziert im Fall von HSW weiter nach der medizinischen Anwendung. Das Variantencluster fasst die geeigneten Geräte nach der Art der Gelenkuntersuchungen zusammen, beispielsweise größere Durchmesser für Untersuchungen an der Schulter und kleinere Durchmesser für Handgelenksuntersuchungen (3). Das Variantencluster der Arthroskope mit einem Durchmesser von Ø4 mm wird nach dem Bildaustrittswinkel weiter in Subvariantencluster (4) unterteilt.

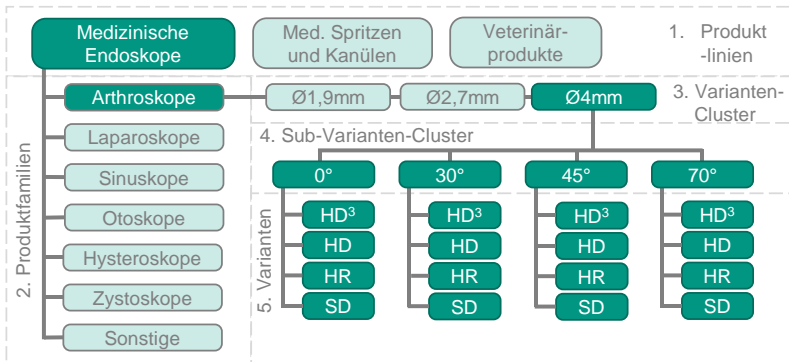


Abbildung 8.4: Auszug aus dem Produktportfolio der Henke-Sass, Wolf GmbH, modelliert mithilfe des Beschreibungsmodells. HD - High Definition, HR - High Resolution, SD - Standard Definition. Abbildung adaptiert nach Schlegel, Kempf, Thümmel und Albers (2025).

Auf der Variantenebene wird weiter nach dem Technologiestand der Optiken und damit den letztendlichen Produktvarianten (5) unterschieden. Aktuell sind vier verschiedene Technologiestände an Optiken mit jeweils unterschiedlichen Bildqualitäten im Einsatz.

Der dritte Schritt der initialen Phase beschäftigt sich damit, den Wirkungsbereich im Produktportfolio zu identifizieren. Dafür wurden die 23 Einflüsse den verschiedenen Elementen auf den Ebenen des Produktportfolios zugeordnet.

Im vierten Schritt der initialen Phase steht die Bewertung der Einflussfaktoren im Mittelpunkt. Dazu wurden die Einflüsse mithilfe des Risikowürfels aus Kapitel 6.3 bewertet. Die bewerteten Einflüsse wurden gesammelt und in Abbildung 8.5 in einem linearisierten Einflussradar dargestellt.

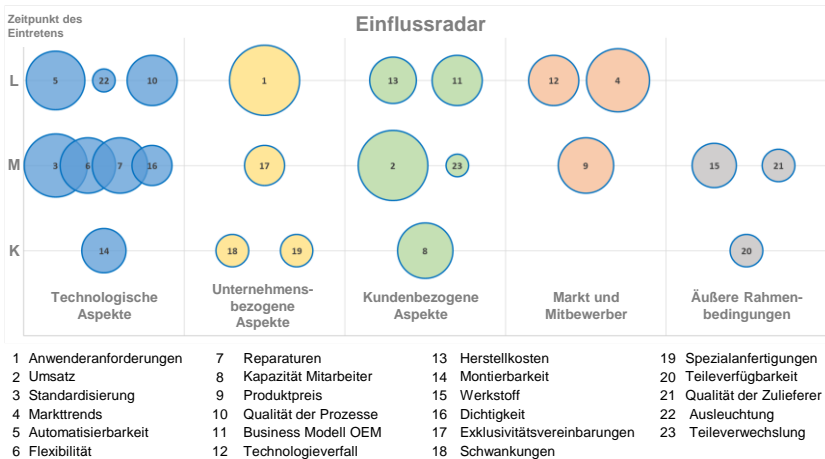


Abbildung 8.5: Einflussradar aus der Anwendung der Systematik in der Henke-Sass, Wolf GmbH (Kaiser, 2024)¹⁰.

Im fünften Schritt der initialen Phase wurden die wichtigsten Faktoren auf Basis der internen Wechselwirkungen zwischen den identifizierten Einflussfaktoren ausgewählt. Als zentrale Größen gehen aus der Analyse der Wechselwirkungen die Einflussfaktoren: Herstellkosten, Standardisierung, Reparaturen und Technologieverfall hervor. Die Faktoren „Reparaturen“ und „Technologieverfall“ wurden erst durch die Anwendung der Systematik als Kernfaktoren identifiziert. Die initiale Phase endet mit Schritt sechs, der Erstellung der Einflussprofile.

Zwischenfazit zur initialen Phase

Als Zwischenfazit zur initialen Phase kann festgehalten werden, dass es durch die Anwendung des Leitfadens möglich war, Kernfaktoren zu identifizieren. Bei der Durchführung der initialen Phase konnte dem Leitfaden gefolgt werden und es konnten die vorgeschlagenen Methoden durchgeführt werden. Als Ergebnis aus der Durchführung konnten Einflussfaktoren identifiziert und mit den vorgeschlagenen Methoden bewertet sowie im Produktportfolio verortet werden.

¹⁰ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Ist-Phase

Ziel der Ist-Phase ist es, den aktuellen Zustand des Produktportfolios und des unmittelbaren Umfelds mithilfe von ebenenspezifischen Produktprofilen zu modellieren (Kapitel 6.2). Im Rahmen der Anwendung bei HSW wurde der Fokus auf die Produktvariantebene gelegt und somit wurden in dieser Phase Produktvariantenprofile speziell für einzelne Arthroskope der Produktfamilie entwickelt. Gemäß dem Leitfaden wurden eine Wettbewerbsanalyse, ein Portfoliovergleich, eine Kunden- und Anwendendenbefragung und eine Analyse der Programmstruktur als passende Methoden vorgeschlagen, um den aktuellen Stand des Portfolios im Unternehmensumfeld zu erfassen und das zugehörige Produktprofil ausfüllen zu können. Die durchgeführte **Wettbewerbsanalyse** brachte vier konkurrierende OEM und deren Portfolios hervor. Durch den **Portfoliovergleich** konnten Bereiche identifiziert werden, in denen das Unternehmen HSW schwächer oder stärker ist als die unmittelbaren Wettbewerber. Die Stärken liegen insbesondere im Bereich der Arthroskope mit Ø4 mm, welche die gängigen Betrachtungsbereiche der großen Hersteller nahezu vollständig abdecken. Darüber hinaus agiert HSW auch als Systemanbieter und stellt ein umfassendes Sortiment an ergänzenden Systemen und Zubehör her, welches wiederum einen Kundennutzen darstellt und im Produktprofil aufgenommen werden kann. Eine **Kunden- und Anwendendenbefragung** wurde auf Wunsch des Unternehmens HSW nicht durchgeführt. Im Rahmen der **Analyse der Programmstruktur** wurde das Variantencluster der Ø4 mm-Arthroskope mit ihren Sub-Varianten-Clustern nach der Blickrichtung und der installierten Optiktechnologie unterteilt in die einzelnen Varianten (SD, HR, HD und HD³), wie in Abbildung 8.4 dargestellt. Dabei zeigte sich, dass der Absatzanteil an Geräten mit der älteren Optiktechnologie (SD) nahezu vernachlässigbar ist.

Zwischenfazit zur Ist-Phase:

Die Umsetzung der im Leitfaden für die Produktvariantebene vorgeschlagenen Methoden erfolgte weitestgehend. Lediglich die Kunden- und Anwendendenbefragung wurde aufgrund von Vorbehalten des Unternehmens HSW nicht durchgeführt. Zur Klärung der aktuellen Kundenbedürfnisse sollte die Methode nach Ansicht des Anwendenden im Unternehmen jedoch weiterhin Bestandteil des Vorgehensmodells sein. Als anspruchsvoll wurde die Anwendung der Produktlandkarte aufgrund der hohen Anzahl sowie des Abstraktionsgrades empfunden. Nach Ansicht des Anwendenden ist das Prozessmodell in der Ist-Phase detailliert beschrieben und bietet ausreichend relevante Methoden. Die Betrachtung der Arbeitsergebnisse bestätigt die Einschätzung, dass die Schritte innerhalb des Leitfadens angewandt werden konnten.

Soll-Phase

Innerhalb der **Soll-Phase** war es möglich, fünf zukünftige Produktprofile für die Weiterentwicklung auf verschiedenen Ebenen des Produktportfolios abzuleiten: (I) Produktlinienprofil - technische Endoskope, (II) Produktfamilienprofil - flexible Endoskope, (III) Variantenclusterprofil - Ø2,4 mm Arthroskope. Die Profile (IV) Produktlebenszyklus und (V) Standardisierungssystem beziehen sich auf das gesamte Produktportfolio. Abbildung 8.6 zeigt die Verortung der flexiblen Endoskope sowie das zugehörige Produktfamilienprofil.

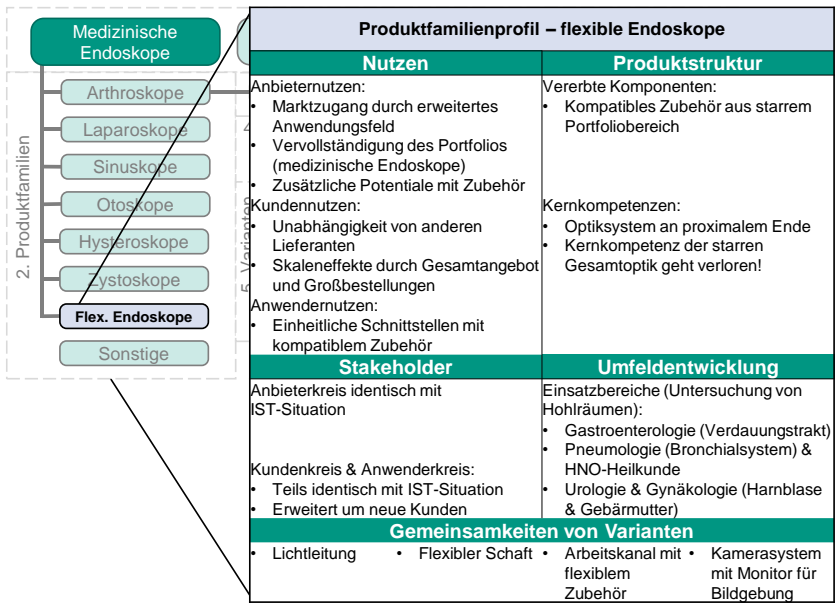


Abbildung 8.6: Auszug aus dem Soll-Produktportfolio der Henke-Sass, Wolf GmbH, hellblau markiert ist ein durch die Systematik erarbeitetes zukünftiges Produktportfolioelement. Abbildung adaptiert nach Kaiser (2024)¹¹.

¹¹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Zwischenfazit: Durch die Anwendung des Leitfadens im Unternehmen HSW war es möglich, insgesamt fünf zukünftige Produktprofile abzuleiten. Diese Profile bilden nach Einschätzung des Anwendenden im Unternehmen eine strukturierte Grundlage für mögliche Weiterentwicklungen im Portfolio des Unternehmens. Die Produktprofile „flexible Endoskope“, „technische Endoskope“ und „Ø2,4 mm Arthroskope“ konnten einer einzelnen Ebene im Produktportfolio zugeordnet werden. Die beiden Produktprofile Produktlebenszyklus und Standardbaukasten umfassten hingegen das gesamte Produktportfolio.

Delta-Phase

Gemäß dem Vorgehensmodell der Systematik wurde innerhalb der **Delta-Phase** die Bewertung der fünf entwickelten zukünftigen Produktprofile vorgenommen. Die Produktprofile wurden durch den Anwendenden wie folgt priorisiert:

1. **Produktlebenszyklus:** Es wird eine hohe Machbarkeit und ein hohes wirtschaftliches Erfolgspotenzial erwartet.
2. **Standardisierungssystem:** Hoher potenzieller Geschäftserfolg verbunden mit Herausforderungen aus konstruktiver Sicht.
3. **Technische Endoskope:** Eine hohe Bewertung der Machbarkeit bei einem mäßig zu erwartenden Geschäftserfolg.
4. **Ø2,4 mm Arthroskope:** Eine hohe Bewertung der Machbarkeit, da bereits Ø1,9 und Ø2,7 mm im Produktportfolio vorhanden sind. Ohne unmittelbaren Bedarf wird eine mangelnde Kundennachfrage erwartet.
5. **Flexible Endoskope:** Die Analyse der Produktstruktur zeigt auf, dass innerhalb des bestehenden Portfolios nur wenige Subsysteme zur Realisierung enthalten sind. Gemeinsam mit fehlendem spezifischem Wissen ergeben sich eine geringe Realisierbarkeit und nicht zu unterschätzende Risiken.

Das Vorgehensmodell schlägt weiterhin vor, eine Roadmap für die Umsetzung der Weiterentwicklungen zu erstellen, um die Veränderungen im Portfolio zu steuern. Diese wurde im Rahmen der Fallstudie nicht mehr angewandt. Der Anwendende gibt an, dass dies nicht möglich war, da die finale Umsetzungsentscheidung bei den Entscheidungsträgern des Unternehmens lag.

Zwischenfazit: Die Deltaphase konnte entlang des Leitfadens bis zur Bewertung und Priorisierung der Produktprofile durchgeführt werden. Die Profile wurden unter Anwendung der Empfehlungen im Leitfaden priorisiert. Nach Einschätzung des Anwendenden ließen sich durch die Anwendung des Leitfadens Erkenntnisse für die Entscheidungsfindung gewinnen, welche den Entscheidungsprozess vereinfachten. Erst bei der Erstellung der Roadmap, im Anschluss an die Bewertung

und Priorisierung, ergab sich eine Herausforderung, da die priorisierten Profile umfangreiche Änderungen im Produktportfolio hervorrufen, welche zunächst von den verschiedenen unternehmensinternen Stakeholdern geprüft werden müssen, bevor eine fundierte Roadmap erstellt werden kann. Dies konnte im Rahmen der vorliegenden Fallstudie nicht durchgeführt werden.

8.2.3 Zwischenfazit

Übergreifend konnten die Vorgehensschritte, implementiert in einem Leitfaden (Kapitel 7.3), durch den Anwendenden innerhalb der Henke-Sass, Wolf GmbH durchgeführt werden. Die Ergebnisse zeigen somit die Anwendbarkeit des Leitfadens im Unternehmenskontext. Bis auf die Kundenbefragung, welche auf Wunsch des Unternehmens nicht durchgeführt wurde, sowie die Erstellung einer Roadmap zum Ende der Delta-Phase wurde eine Auswahl der im Leitfaden empfohlenen Methoden angewendet.

Als Ergebnis der initialen Phase konnten 23 Einflussfaktoren, deren Wirkungsorte und die zentralen Kernfaktoren identifiziert werden. Einzelne Faktoren waren nach Angabe des Anwendenden ohne die Methodik nicht sichtbar. In der Ist-Phase war es möglich, den aktuellen Stand des Produktportfolios abzubilden. In der Soll-Phase konnten diese um drei zukünftige Produktprofile auf verschiedenen Ebenen des Portfolios sowie zwei übergreifende Produktprofile erweitert und hinsichtlich der Risiken und Chancen bewertet werden.

Limitierend ist anzumerken, dass die Durchführung der Systematik durch einen Abschlussarbeitenden (Kaiser, 2024)¹² eine Einschränkung hinsichtlich der Objektivität der Ergebnisse darstellt. Es ist jedoch anzunehmen, dass die erfolgreiche Anwendung und die Generierung der in dem Leitfaden zur Systematik vorgesehenen Ergebnisse einen Indikator für die Anwendbarkeit darstellen. Um weitere Herausforderungen und Potenziale bei der Anwendung der Systematik in der Unternehmenspraxis zu identifizieren und das Unterstützungspotenzial auszubauen, sind weitere Unternehmensstudien notwendig. Um die Systematik effizient in weiteren Unternehmen anzuwenden und zu evaluieren, wird in nachfolgendem Kapitel ein Ansatz für den Transfer der Systematik erarbeitet.

¹² Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

8.3 Transfer der Systematik in die Unternehmensanwendung

Ziel des vorliegenden Kapitels ist es, einen Ansatz zu entwickeln, um den Transfer der entwickelten Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios (Transferobjekt) in das Unternehmensumfeld zu verbessern. Die Studie in vorliegendem Kapitel soll damit die Übertragbarkeit des Ansatzes in die Unternehmensanwendung in Anlehnung an Marxen und Albers (2012) (Abbildung 4.3 – M5, Kapitel 4.2) unterstützen.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse dieses Kapitels wurden wie angegeben in einer Fachzeitschrift veröffentlicht (Schlegel, Modhvardia, Willerscheid, Kempf & Albers, 2025) und waren Gegenstand einer durch den Autor der vorliegenden Arbeit co-betreuten studentischen Abschlussarbeit (Modhvardia, 2025)¹³.

Folgende drei Leitfragen (LF) zur Operationalisierung des Vorgehens wurden gestellt:

LF1 – Welche bestehenden Ansätze und Erfolgsfaktoren für den Transfer von Methoden aus der Forschung in die Unternehmenspraxis lassen sich in der Literatur identifizieren?

LF2 – Wie kann ein Ansatz gestaltet werden, welcher den Transfer der erarbeiteten Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios in die Unternehmenspraxis unterstützt?

LF3 – Inwieweit unterstützt der Ansatz, am Beispiel der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios, den Transfer in die Unternehmenspraxis?

8.3.1 Vorgehen zur Erarbeitung des Transferansatzes

Um die Leitfragen zu beantworten und das Ziel der Studie zu erreichen, wird in Anlehnung an die DRM - Design Research Methodology (Blessing & Chakrabarti, 2009) vorgegangen. Abbildung 8.7 zeigt das übergreifende Vorgehen. Im ersten Schritt (DS I) wird eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, um bestehende Ansätze für den Transfer von Entwicklungsmethoden zu identifizieren und Erfolgsfaktoren für den Transfer abzuleiten. Aufbauend auf der Analyse wird ein Transferansatz erstellt, welcher den Transferprozess strukturiert und den

¹³ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Anwendenden begleiten und unterstützen soll. In der abschließenden deskriptiven Studie II (DS II) wird eine zweistufige Evaluation des Transferansatzes durchgeführt. In der ersten Stufe wird der Transferansatz in einer Interviewstudie mit vier Expertinnen und Experten aus drei verschiedenen Unternehmen diskutiert. In der zweiten Stufe wird die im Rahmen dieser Arbeit erstellte „Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios“ als Transferobjekt mithilfe des Transferansatzes in zwei verschiedene Unternehmen initial transferiert.

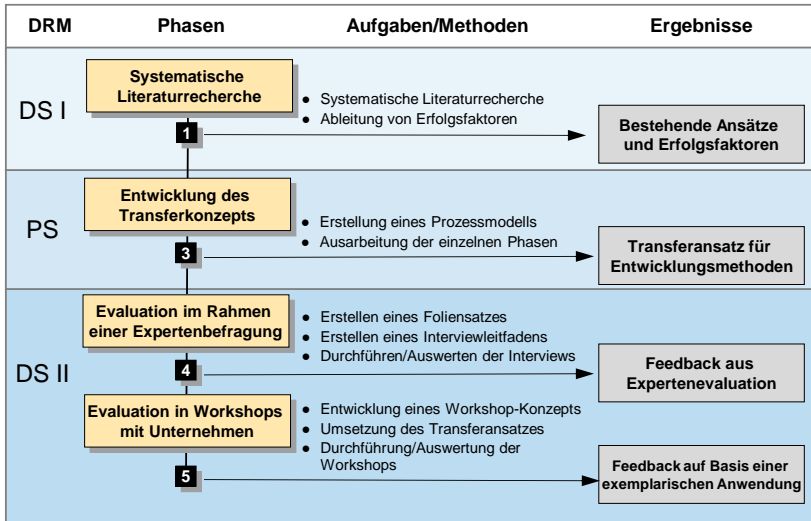


Abbildung 8.7: Vorgehen zur Erarbeitung eines Transferkonzepts. Abbildung adaptiert nach Modhvardia (2025).

Die Phasen 1-4 in Abbildung 8.7 beziehen sich auf die Erarbeitung des Transferansatzes, um die erarbeitete Systematik effizienter in Unternehmen einführen zu können. Die Phasen 1-4 ermöglichen keine unmittelbaren Erkenntnisse für die Systematik als Gegenstand der vorliegenden Arbeit, daher finden sich die Ergebnisse der Phasen 1-4 im Anhang E. Nachfolgend werden die Erkenntnisse und Ergebnisse mit Bezug auf die erarbeitete Systematik vorgestellt (Phase 5 Abbildung 8.7).

8.3.2 Ergebnisse aus dem Transfer der Systematik

Innerhalb der zweiten Evaluationsstufe wurde die Systematik gemäß dem erarbeiteten Transferansatz in zwei Unternehmen eingeführt. Ziel ist es, die Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios mit Mitarbeitenden des jeweiligen Unternehmens anzuwenden. Tabelle 8.1 zeigt die Teilnehmenden der beiden nach Unternehmen getrennten Workshops.

Tabelle 8.1: Teilnehmende der zweiten Evaluationsstufe – Transfer der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios (Vgl. Schlegel, Modhvia et al., 2025)

| <i>ID</i> | <i>Position</i> | <i>Unternehmen</i> | <i>Branche</i> | <i>Mitarbeiter</i> |
|-----------|------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| W1 | Head of Product management | Unternehmen I | | |
| W2 | Product management | Unternehmen I | Bauprofile | 300-500 |
| W3 | Managing Director Technology | Unternehmen I | | |
| W4 | Product management | Unternehmen II | | |
| W5 | Head of product operations | Unternehmen II | Zulieferer für Industrieanlagen | 1000-2000 |
| W6 | Product management | Unternehmen II | | |

Der Workshop umfasste mit jedem Unternehmen jeweils etwa 4 h. Die Durchführung des Workshops ist an das Workshopkonzept für die Durchführung der Systematik im Live-Lab IP angelehnt (Kapitel 7.4 und 7.5) und gliedert sich ebenfalls in Einführungsphasen sowie aktive Phasen, in welchen die Workshopteilnehmenden die Systematik selbst anwenden. Nachfolgend werden aus Gründen der Vertraulichkeit Ergebnisse aus den Workshops abstrahiert und anonymisiert gezeigt. Abbildung 8.8 zeigt exemplarisch ein Ergebnis aus der initialen Phase der Systematik aus der Anwendung mit Unternehmen I.

Die Evaluation der Systematik (Phase 5 Abbildung 8.7) im Rahmen des Transfers lehnt sich an die Unterstützungs-, Anwendungs- und Erfolgsevaluation an (Blessing & Chakrabarti, 2009). Die Ergebnisse der Evaluation geben die Antwort auf die letzte zu Beginn gestellte Leitfrage (LF3).

In der Unterstützungsevaluation wurde geprüft, inwiefern der Transferansatz den Teilnehmenden half, das Transferobjekt zu verstehen und anzuwenden. In beiden Workshops waren die Teilnehmenden in der Lage, einzelne Phasen der Systematik selbst anzuwenden. Insbesondere die unternehmensspezifischen Beispiele, die bereits in der Evaluation in Kapitel 8.1 aufgeworfen wurden, wurden von den Teilnehmenden als unterstützend für den Transfer bewertet. Die Synchronisierung der verwendeten Begriffe im Rahmen der Transfervorbereitung führte dazu, dass die Begriffsverwendung nachvollzogen werden konnte: „*die gemeinsame Sprache wiederfinden*“ (W5) und ein „*gemeinsames Wording*“ (W6). Dies förderte das Verständnis für die Begriffe innerhalb der Systematik, was in vorherigen Studien unter anderem als Herausforderung genannt wurde (vgl. Kapitel 7.4 und 7.5).

Die Evaluation zur Anwendbarkeit des Transferansatzes untersucht, inwieweit die Methoden und Maßnahmen des Transferansatzes gemeinsam mit einem Unternehmen anwendbar sind. Übergreifend konnte der Transferansatz für den initialen Transfer der Systematik angewandt werden. Das entwickelte Transferkonzept wurde von den Teilnehmenden positiv bewertet: „*Ich konnte sehr gut folgen*“ (W4) und „*gut organisiert*“ (W5). Als besonders hilfreich wurden auch hier die Beispiele im Unternehmenskontext (W3) gesehen: „*Was sehr geholfen hat, war die Vorabsprache, dass man schon mal den Kontext grob erfassen konnte, dass man [...] schon mal die jeweiligen Begrifflichkeiten oder die Unterschiede in den Begrifflichkeiten sortieren konnte*“ (W5).

Im Rahmen der Erfolgsevaluation wurde überprüft, inwiefern die Teilnehmenden befähigt wurden, durch den Transferprozess die Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung anhand des Leitfadens selbstständig anzuwenden. In der Evaluation am Ende des Anwendungsworkshops bestätigten die Teilnehmenden, dass sie sich in der Lage fühlen, die im Workshop vorgestellten Schritte der Systematik grundsätzlich anzuwenden. Nach Aussagen der Teilnehmenden ist der Transfer erfolgreich: „*Also in den Auszügen, in denen wir [den Leitfaden] behandelt haben, auf jeden Fall.*“ (W5), „*Also gerade jetzt die Schritte von heute wären denke ich kein Problem.*“ (W4): „*Die Methodik Systematik find ich gut. Erstmal zu gucken, was habe ich, wen betrifft es, [...] was ich da analysiere?*“ (W1).

Die Betrachtung der Workshopergebnisse bestätigt die Einschätzung der Teilnehmenden. Wie Abbildung 8.8 zeigt, konnten im Rahmen des Workshops mit Unternehmen I verschiedene Einflüsse identifiziert und den Elementen im Produktportfolio zugewiesen werden.



Abbildung 8.8: Anonymisierte und abstrahierte Ergebnisse aus der initialen Phase des Anwendungsworkshops mit Unternehmen I aus Tabelle 8.1. Die Abbildung zeigt, dass Einflüsse auf das Produktportfolio gemäß dem Beschreibungsmodell in Kapitel 6 durch die Mitarbeitenden des Unternehmens gefunden und verortet werden konnten. Abbildung adaptiert nach Modhvia (2025)¹⁴.

Weiter konnte bei beiden Workshops die erfolgreiche Ausführung der Systematik beobachtet werden. Abbildung 8.9 zeigt die Ergebnisse aus der Ausführung der Systematik mit Unternehmen II. So wurden im Rahmen der Workshops 45 Einflussfaktoren identifiziert, priorisiert und zugeordnet sowie 12 Produktprofile auf unterschiedlichen Ebenen des Produktportfolios ausgefüllt.

Insbesondere die Vorbereitungsphase wird als wesentlich für die erfolgreiche Anwendung angesehen: „Es müssen einmal alle Infos vorgestellt werden. So einen Einführungsworkshop braucht man glaub ich immer.“ (W1). Weiterführend ergaben sich durch die Evaluation Aspekte zur Erweiterung und Verbesserung des Transferpro-

¹⁴ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

zesses. So wurde der Wunsch nach konkreten Umsetzungshilfen wie einer Schulungsreihe (W4) oder Folgeformaten (W2) kommuniziert. So sind für eine nachhaltige Umsetzung weitere Maßnahmen notwendig (W1, W2, W6).

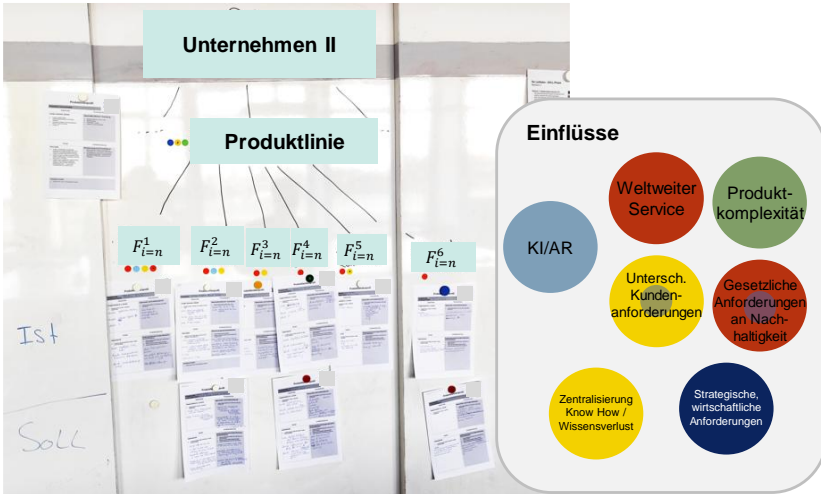


Abbildung 8.9: Anonymisierte und abstrahierte Ergebnisse aus dem Anwendungsworkshop mit Unternehmen II aus Tabelle 8.1. Die Abbildung zeigt, dass Einflüsse auf das Produktportfolio gemäß dem Beschreibungsmodell in Kapitel 6 durch die Mitarbeitenden des Unternehmens gefunden, verortet sowie zugehörige Produktprofile für den Ist- und Soll-Zustand gebildet werden konnten. Abbildung adaptiert nach Modhvardia (2025)¹⁵.

8.3.3 Zwischenfazit

Im Anschluss an eine Evaluation des Transferansatzes mit vier Expertinnen und Experten in einer Interviewstudie wurde der Transferansatz am Beispiel der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios als Transferobjekt erprobt. Dabei wurden alle Phasen des Transferansatzes durchlaufen und gleichzeitig die Übertragbarkeit des Transferobjektes in die Unternehmensanwendung überprüft. Die Ergebnisse der Workshops sowie die

¹⁵ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

Rückmeldungen der Teilnehmenden zeigen, dass die Systematik mithilfe des Transferansatzes in den Unternehmenskontext gebracht werden kann. Einschränkend ist jedoch festzuhalten, dass es sich hierbei um einen initialen Transfer mit einzelnen Teilnehmenden handelt. Für eine unternehmensweite Einführung sind ein deutlich längerer Transferzeitraum sowie ggf. weitere Schulungsunterlagen zur Anwendung der Systematik erforderlich (W4). Ebenfalls wurden weitere Ausbaustufen der Systematik vorgeschlagen, beispielsweise eine smarte Implementierung in Richtung einer App, um Wiederholungen beim Ausfüllen zu vermeiden und angedeutete Verlinkungen nutzbar zu machen (W1).

8.4 Fazit zur Anwendung der Systematik im Unternehmenskontext

Entsprechend der Zielsetzung des Kapitels, die Systematik im Unternehmenskontext hinsichtlich der Anwendbarkeit, der Unterstützung und des erwarteten Mehrwerts zu evaluieren, wurden zunächst zwei Fallstudien durchgeführt. Die **erste Fallstudie** wurde gemeinsam mit der Witzmann GmbH durchgeführt. Die Systematik wurde exemplarisch für das Unternehmen ausgeführt und anschließend gemeinsam mit zwei Innovationsmanagern als Expertinnen und Experten des Unternehmens evaluiert. Die Aussagen der Expertinnen und Experten zeigen Tendenzen zur Anwendbarkeit, Unterstützung und einem erwarteten Mehrwert durch die Systematik auf. Eine belastbare Evaluation ist jedoch erst nach Integration der Systematik im Unternehmen über mehrere Jahre verlässlich möglich. Ein Schritt in diese Richtung wurde mit der **zweiten Fallstudie** gegangen, in welcher über sechs Monate die Systematik entlang des Leitfadens angewandt wurde. Die Ergebnisse aus der Durchführung des Leitfadens zeigen exemplarisch die Anwendbarkeit innerhalb der Fallstudie. Mithilfe der Systematik konnten das Produktportfolio beschrieben, Einflüsse in der Produktportfoliostruktur verortet und bewertet sowie neue Produktprofile abgeleitet werden. Um die Systematik in weiteren Unternehmen anwenden zu können, wurde abschließend ein **Transferansatz** entwickelt. Die Systematik wurde daraufhin mithilfe des Transferansatzes in zwei weitere Unternehmen initial transferiert und im Rahmen eines Workshops durch Mitarbeitende der Unternehmen angewandt.

In vorliegendem Kapitel wird damit aufgezeigt, inwiefern die Anwendung der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios im Unternehmenskontext möglich ist sowie welche Herausforderungen und Potenziale im Umgang mit der erarbeiteten Systematik bestehen. Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den einzelnen Studien in Kapitel 6-8 zusammengefasst dargestellt und ein Ausblick auf weitere Arbeiten gegeben.

9 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse und Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit zusammengefasst und ein übergreifendes Fazit gezogen. Abschließend wird ein Ausblick auf weiterführende Forschungsthemen und Anknüpfungspunkte gegeben.

9.1 Zusammenfassung und Gesamtfazit

Die zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios stellt eine Schlüsselaktivität für Unternehmen dar, um langfristig erfolgreich zu sein. Aufgrund kürzerer Produktlebenszyklen und zunehmend komplexerer Produkte gepaart mit einer volatilen Entwicklung des Umfelds stehen heutige Unternehmen vor steigenden Herausforderungen bei der Erweiterung ihres Produktportfolios um neue Produkte mit hohem Innovationspotenzial. Aufgrund der wachsenden Herausforderungen bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios wird ein Unterstützungsansatz für die Weiterentwicklung von Produktportfolios benötigt.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Produktentwickelnde bei der Suche nach Innovationspotenzialen in der Weiterentwicklung von Produktportfolios unter Berücksichtigung verschiedener Einflüsse zu unterstützen. Um dies zu ermöglichen, wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Erarbeitung einer Systematik zur ebenen- und produktübergreifenden sowie in Generationen denkenden zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios angestrebt.

Die zu erarbeitende Systematik soll Produktentwickelnde in Unternehmen dabei unterstützen, Einflüsse auf das Produktportfolio und daraus resultierende Anpassungsbedarfe systematisch zu identifizieren und zu bewerten. Folgende drei Teilziele werden formuliert (vgl. Kapitel 3.2):

- Es sollen aktuelle Herausforderungen in der Unternehmenspraxis sowie der Theorie in der Weiterentwicklung von Produktportfolios identifiziert und analysiert werden.
- Aufbauend auf den identifizierten Herausforderungen soll auf dem Stand der Forschung aufbauend ein Unterstützungsansatz erarbeitet werden.
- Der erarbeitete Unterstützungsansatz soll in verschiedenen Stufen bis hin zu einer initialen Umsetzung im Unternehmen angewandt und validiert werden.

In Kapitel 4 wird ein forschungsmethodisches Vorgehen erarbeitet, um die gestellte Zielsetzung zu erreichen. Dabei wird ein iterativer Ansatz auf Grundlage der Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009) gewählt, welcher ebenfalls den stark iterativen Charakter des entwicklungsmethodischen Forschungsansatzes nach Marxen und Albers (2012) aufgreift. Abbildung 9.1 zeigt den für die vorliegende Arbeit entwickelten forschungsmethodischen Aufbau unter Bezugnahme der Stadien der DRM sowie einer Zuordnung der einzelnen Studien zu den Aktivitäten nach Marxen und Albers (2012).

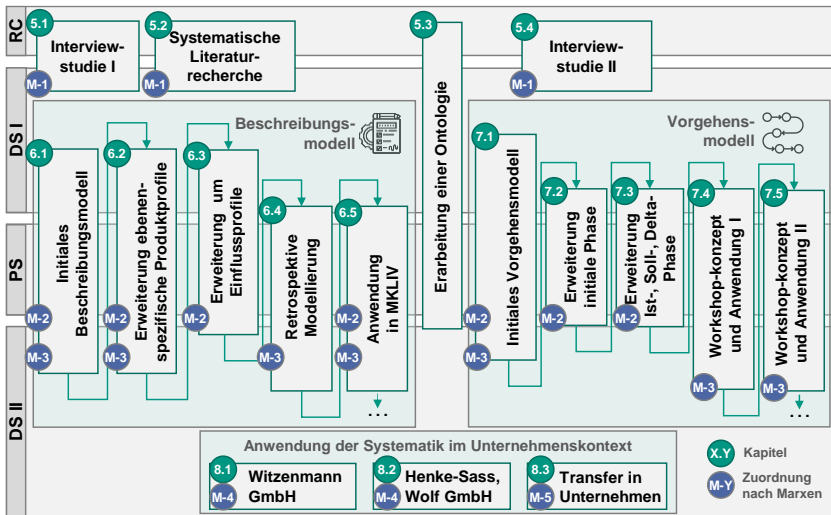


Abbildung 9.1: Forschungsaufbau der Arbeit (Vgl. Abbildung 4.4, Kapitel 4).

Um ein grundlegendes Verständnis für die Herausforderungen und Potenziale in der Weiterentwicklung von Produktportfolios aufzubauen, wird in Kapitel 5 der aktuelle Stand bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Unternehmenspraxis sowie von Seiten der Literatur analysiert.

Dazu werden fünf aufeinander aufbauende Studien durchgeführt. Die einzelnen Studien sowie deren Kernkenntnisse sind in Abbildung 9.2 schematisch dargestellt.



Abbildung 9.2: Durchgeführte Studien und korrelierende Kernerkenntnisse aus der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios aus Perspektive der Theorie und Praxis (Vgl. Abbildung 5.17, Kapitel 5.5).

Die erste Aktivität, Interviewstudie I (Kapitel 5.1), zielt auf die grundlegende, explorative Erforschung des Forschungsgegenstandes der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios ab. Mittels einer semi-strukturierten Experteninterviewstudie werden die aktuellen Herausforderungen sowie grundlegenden Prinzipien der Weiterentwicklung von Produktportfolios in einer zweistufigen Auswertung analysiert. Die erste Auswertungsstufe führt zu einem Strukturierungsvorschlag für Produktportfolios, einer Zuordnung von Aufgabenschwerpunkten zu den Portfolioebenen, einer qualitativen Einordnung von Entwicklungszyklen innerhalb des Produktportfolios sowie dem Zusammenhang zwischen dem Zeithorizont und den Unsicherheiten in der Leistungsfähigkeit bei der Entwicklung neuer Systemgenerationen. Die zweite Auswertung erweitert diese Erkenntnisse um Themen und Aussagen zu fünf Bereichen, welche bei der Weiterentwicklung adressiert werden müssen: (1) Auslöser für die Weiterentwicklung des Produktportfolios, (2) Prozess der Weiterentwicklung des Produktportfolios, (3) Entwicklung auf den Ebenen des Produktportfolios und (4) Management von Herausforderungen bei der Entwicklung des Produktportfolios.

Übergreifend legt die Interviewstudie I (Kapitel 5.1) den Bedarf für die Entwicklung eines Beschreibungs- sowie eines Vorgehensmodells dar, welche eng vernetzt im Rahmen der Arbeit als Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios aufgegriffen werden. Die Interviewstudie I leistet damit einen Beitrag zur Beantwortung von FF1.1-1.3 aus Sicht der Unternehmenspraxis.

In der zweiten Aktivität, der Data Mining Analyse (Kapitel 5.3.2), werden Vorarbeiten zur strategischen Produktplanung sowie der Entwicklung auf Basis von Referenzen nach dem Modell der SGE hinsichtlich häufig genannter Begriffe sowie deren Schnittmengen untersucht. Die Analyse stellt eine Vorstudie zur systematischen Literaturrecherche sowie der darauffolgenden Erarbeitung einer Ontologie dar.

In der dritten Aktivität wird mittels einer systematischen Literaturrecherche (Kapitel 5.2) nach Ansätzen und Herausforderungen gesucht, um die Sichtweise der Praxis um die theoretische Sicht auf Basis der Literatur zu komplementieren. Es werden auf Basis der ersten Interviewstudie die drei Suchfelder: (I) Strategische Produktplanung, (II) Verwendung von Referenzen und Entwicklung in Generationen sowie (III) Portfoliomanagement herausgearbeitet. Aus 1429 Artikeln werden in einem mehrstufigen Verfahren 43 relevante Ansätze identifiziert. Die Bewertung der Ansätze gegenüber den Suchfeldern zeigt, dass keiner der unter Verwendung des angegebenen Suchstrings auf der verwendeten Datenbank identifizierten Ansätze alle Ansprüche aus den Suchfeldern vollständig adressiert. Weiter können auf Basis der analysierten Arbeiten die Herausforderungen und Handlungsbedarfe um die literaturbasierte Sichtweise erweitert sowie neue Aspekte zu internen und externen Herausforderungen und Strategien zur Bewältigung dieser herausgearbeitet werden. Die systematische Literaturrecherche vervollständigt damit die Beantwortung der Forschungsfragen F1.1-1.3 von Seiten der Literatur.

Aufbauend auf der Analyse der Literatur (Kapitel 5.2), häufiger Begriffe (Data Mining, Kapitel 5.3.2) sowie der Praxis (Kapitel 5.1) wird darauffolgend in der vierten Studie (Kapitel 5.3) eine Ontologie für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios erstellt. Die Ontologie dient dazu, eine gemeinsame Sprachbasis für die Entwicklung von Unterstützungsansätzen zu bilden, um eine eindeutige und effiziente Kommunikation bei der Erarbeitung und Verwendung von Methoden zur Weiterentwicklung von Produktportfolios sicherzustellen. Dadurch sollen Missverständnisse in der Begriffsverwendung zwischen unterschiedlichen Universitäten und Unternehmen verringert werden.

Aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen der vorangegangenen Aktivitäten wird in der fünften Studie (Interviewstudie II (Kapitel 5.4)) ein tieferer Einblick in den Ablauf und die Herausforderungen bei der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von

Produktportfolios in der Praxis gewonnen. Auf Basis eines vereinfachten Weiterentwicklungsprozesses, welcher auf den Grunderkenntnissen aus Interviewstudie I (Kapitel 5.1) beruht, wird ein Interviewleitfaden gestaltet. Der Interviewleitfaden tastet neben den Weiterentwicklungsschritten zu Beginn den Aufbau und den Sprachgebrauch im Unternehmen ab. Damit können Auszüge aus der Ontologie zum Aufbau und Sprachgebrauch bestätigt werden. Die Gestaltung des Interviewleitfadens, welcher sich im Anschluss an den (i) Aufbau und Sprachgebrauch entlang des vereinfachten Weiterentwicklungsprozesses über die Teilschritte (ii) Auslöser, (iii) Veränderung, hin zu (iv) Herausforderungen und Handlungsoptionen erstreckt, ermöglicht es, den Ablauf der Weiterentwicklung von Produktportfolios über verschiedene Unternehmen hinweg vergleichbar zu analysieren. Ebenso kann die Wahrnehmung und Entstehung von neuen Systemgenerationen durch Entwickelnde bzw. Kunden als Ergebnis einer Produktportfolioveränderung weiter präzisiert werden. Die Studie vertieft damit insbesondere die Beantwortung der Forschungsfragen FF1.1 und FF1.2.

Durch die in Kapitel 5 durchgeführten Studien wurden eine Wissensbasis und das grundlegende Verständnis für die Entwicklung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios aufgebaut. Im Hinblick auf die Forschungsfrage FF1.1. konnten Herausforderungen und Unterstützungsbedarfe herausgearbeitet werden. Die beiden Interviewstudien zeigen die Weiterentwicklung von Produktportfolios in Unternehmen auf (Forschungsfrage F1.2). Forschungsfrage FF1.3 wurde in Kapitel 5 grundlegend mit dem Bedarf eines Vorgehens- und Beschreibungsmodells in einer einheitlichen Systematik beantwortet. Eine genauere Ableitung von zu modellierenden Elementen sowie spezifischere Ziele und Anforderungen wurden zu Beginn der jeweiligen Kapitel des Beschreibungs- und Vorgehensmodells erarbeitet.

Erarbeitung eines Beschreibungsmodells (Kapitel 6)

Auf der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios aufbauend, wird in Kapitel 6 ein Beschreibungsmodell zur Modellierung der Weiterentwicklung von Produktportfolios erarbeitet. Die Entwicklung des Beschreibungsmodells erfolgt in fünf aufeinander aufbauenden Studien. Abbildung 9.3 zeigt die verschiedenen Studien und deren Beitrag zum Beschreibungsmodell.

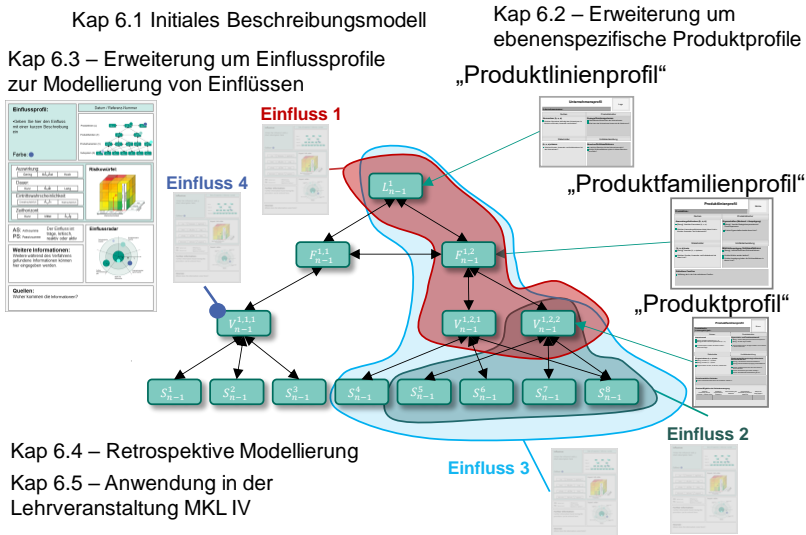


Abbildung 9.3: Übersicht über das Zusammenspiel der einzelnen Studien der Erarbeitung des Beschreibungsmodells in Kapitel 6 (vgl. Abbildung 6.21, Kapitel 6.6).

In der ersten Studie wird ein initiales Beschreibungsmodell zur Weiterentwicklung von Produktportfolios erarbeitet. Dazu werden im ersten Schritt auf Basis der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios in Kapitel 5 Ziele und Anforderungen an ein Beschreibungsmodell ermittelt und anschließend priorisiert (FF1.3). Auf Grundlage der Interviewstudie I (Kapitel 5.1) werden die verschiedenen Elemente auf den Produktportfolioebenen Produktlinie, Produktfamilie, Produktvariante und Subsystem definiert. Die Nomenklatur des Modells der SGE wird auf die Produktportfolios erweitert und die Modellierung eines Produktportfolios in Abhängigkeit von der Systemgeneration, wie in Abbildung 9.3 aufgezeigt, ermöglicht. Erste Ansätze für das Propagieren von Änderungen innerhalb des

Produktportfolios werden aufgegriffen. Eine erste Validierung des initialen Beschreibungsmodells im Live-Lab ProVIL 2022 zeigt jedoch, dass eine Modellierung aller Elemente des Produktportfolios durch einzelne Elemente im Beschreibungsmodell in einer nicht zielführenden Anzahl an zu modellierenden Elementen resultiert.

Entsprechend wird in der darauffolgenden Studie das Beschreibungsmodell um umfassendere Modellierungselemente erweitert. Hierzu wird ausgehend vom Produktprofil ein lösungsoffenes Beschreibungselement für die verschiedenen Ebenen des Produktportfolios erarbeitet. Ergebnis sind für die Ebenen des Produktportfolios jeweils spezifische, adaptierte Produktprofile. Das Familienproduktprofil greift hier beispielsweise die verschiedenen Ausprägungen der Nutzen der einzelnen Produktvarianten innerhalb einer Produktfamilie auf. Damit wird es möglich, mehrere Produktvarianten über ein Produktfamilienprofil zu beschreiben. Gleichzeitig können über die Produktprofile auf den verschiedenen Ebenen auch Eigenschaften und Nutzenattribute vererbt werden. Die Vererbung soll langfristig eine effizientere und konsistentere Vervollständigung der Produktprofile ermöglichen.

Wie die Interviewstudien im Rahmen von Kapitel 5 zeigen, wird die Weiterentwicklung von Produktportfolios durch verschiedene Einflüsse ausgelöst. Um diese Einflüsse zu erfassen, wird das Beschreibungsmodell in der dritten Studie um Elemente zur Modellierung der Einflüsse auf das Produktportfolio erweitert. Zentrales Inkrement der Erweiterung des Beschreibungsmodells ist das Einflussprofil, welches relevante Informationen zu einem Einfluss auf das Produktportfolio zusammenfasst.

Um die Modellierung von Produktportfolios initial zu validieren, wird eine retrospektive Modellierung in einer Fallstudie vorgenommen. Die Modellierung zeigt exemplarisch am Beispiel eines Landmaschinenherstellers ebenenspezifische Weiterentwicklungen. Dazu werden basierend auf einer übergreifenden, dreidimensionalen Ansicht über die Zeit die Produktportfoliostruktur sowie die Produktportfolioebenen in zueinander konsistenten Sichten abgeleitet. Mithilfe der einzelnen Sichten kann situationsspezifisch die Weiterentwicklung einzelner Bereiche diskutiert werden. Die Fallstudie stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Validität einzelner Annahmen zu Auslösern. Die Fallstudie verkörpert lediglich einen exemplarischen Charakter, um die Modellierung mithilfe des Beschreibungsmodells aufzuzeigen.

Im letzten Schritt des Kapitels 6 wird das Beschreibungsmodell in der Lehrveranstaltung Maschinenkonstruktionslehre 4 (MKL-IV) am KIT – Karlsruher Institut für

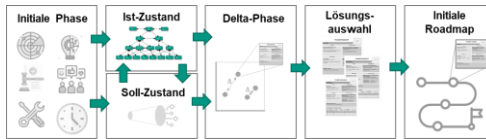
Technologie mit insgesamt 135 Teilnehmenden angewandt. Hierfür wird in einem Test- und Kontrollgruppendesign eine Aufgabenstellung erarbeitet, welche die Weiterentwicklung eines Produktportfolios eines Landmaschinenherstellers über neue Produktprofile mit hohem Innovationspotenzial behandelt. Die Testgruppe erhält im Gegensatz zur Kontrollgruppe eine ausführliche Darlegung des Beschreibungsmodells als Unterstützung. Die Evaluation der Teilnehmenden zeigt keine signifikante Verbesserung bei der Ableitung neuer Produktprofile. Die kurze Bearbeitungszeit, gepaart mit einem stark komprimierten Beschreibungsmodell, führt bei Studierenden im vierten Semester ohne Vorerfahrung im Produktmanagement dazu, dass die Studie nicht als valide für die Evaluation bei der Beschreibung der Weiterentwicklung von Produktportfolios gesehen werden kann. Die Diskrepanz zwischen den Teilnehmenden der Studie und den eigentlichen Anwendenden im späteren Anwendungsfall, dem Unternehmensumfeld, fällt zu hoch aus. Die Studie zeigt den Bedarf an Evaluationsaktivitäten, welche näher am Unternehmensumfeld gehalten sind. Daher soll in weiteren Validierungsaktivitäten der Bezug zu Anwendenden aus den Unternehmen verstärkt werden.

Durch die iterative Erarbeitung über fünf Studien in Kapitel 6 wurde damit die FF2.2 nach der Gestaltung eines Beschreibungsmodells zur Weiterentwicklung von Produktportfolios beantwortet. Die Forschungshypothese 1 konnte am Beispiel einer retrospektiven Modellierung bestätigt werden. Das erarbeitete Modell stellte damit einen von zwei Bausteinen zur Beantwortung der Forschungsfrage FF2.1 dar. Die im iterativen Forschungsaufbau enthaltenen initialen Validierungsaktivitäten gaben erste Tendenzen zur Eignung des Beschreibungsmodells für die Modellierung der Weiterentwicklung von Produktportfolios. Die Beantwortung der FF3.1 mit Bezug auf die Anwendung in Unternehmen wird schwerpunktmäßig jedoch in Kapitel 8 behandelt.

Erarbeitung eines Vorgehensmodells (Kapitel 7)

Korrelierend zum Beschreibungsmodell in Kapitel 6 wird als zweiter Baustein der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios in Kapitel 7 ein Vorgehensmodell entwickelt, um die Anwendenden bei der Auswahl und Durchführung von Aktivitäten zu unterstützen. Die Entwicklung des Vorgehensmodells erfolgt in fünf aufeinander aufbauenden Studien, wie sie in Abbildung 9.4 angedeutet sind.

Kap 7.1 Initiales Vorgehensmodell



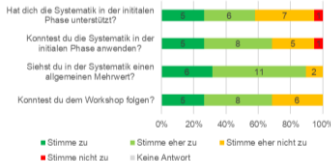
Kap 7.2 – Erweiterung und Detaillierung der initialen Phase



Kap 7.3 – Erweiterung und Detaillierung der Ist-, Soll- und Delta-Phase



Kap 7.4 – Erstellung Workshopkonzept + Anwendung in IP 23/24



Kap 7.5 – Erweiterung Workshopkonzept + Anwendung in IP 24/25



Abbildung 9.4: Übersicht über die iterative Erarbeitung des Vorgehensmodells sowie der Erweiterung um ein Workshopkonzept über fünf Studien hinweg (Abbildung 7.20, Kapitel 7).

In der ersten Studie in Kapitel 7.1 werden das initiale Vorgehensmodell sowie eine zugehörige prototypische Umsetzung in einem online Leitfaden erarbeitet. Hierzu werden zunächst Anforderungen aus der Theorie sowie der Praxis unter Bezugnahme auf die Interviewstudien I und II erarbeitet. Aus insgesamt 114 Anforderungen werden 14 zu adressierende Cluster herausgearbeitet (Tabelle 7.1). Unter Bezugnahme auf die identifizierten Anforderungen werden auf Basis des allgemeinen Problemverständnisses nach Dörner (1979) die grundlegenden

Phasen des Vorgehensmodells erarbeitet. Das Modell teilt sich in der initialen Fassung in die Phasen: Initiale Phase, Ist-Phase, Soll-Phase und Delta-Phase sowie Lösungsauswahl und initiale Roadmap auf.

In der **initialen Phase** des Vorgehensmodells sollen Einflüsse sowie deren Wirkungsbereich auf das Produktportfolio identifiziert und bewertet werden. Zentrales Ergebnis der initialen Phase stellt das Einflussprofil (Kapitel 6.3) dar. Es werden in mehreren Schritten erste aktuelle Einflüsse von Auslösern auf Elemente des Produktportfolios identifiziert und geclustert. Um den Wirkungsbereich des Einflusses auf das Produktportfolio zu erkennen, muss dieses bereits in der initialen Phase für einen Teilbereich mithilfe des Beschreibungsmodells aus Kapitel 6.3 modelliert werden. Der Wirkort ist für die weitere Entwicklung relevant, da sich die Hauptaufgaben und Entwicklungszeiträume auf den Ebenen des Produktportfolios unterscheiden (vgl. Interviewstudie I, Kapitel 5.1). Abhängig davon, auf welcher Ebene des Produktportfolios der Einfluss wirkt, kann der Zeithorizont eingegrenzt und ein erster Schwerpunkt für die Weiterentwicklung gefunden werden.

Die **Ist-Phase** umfasst die Beschreibung des aktuellen Produktportfolios. Mithilfe von produktportfolioebenspezifischen Produktprofilen (Kapitel 6.2) werden die zentralen Nutzen der Produkte im aktuellen Produktportfolio herausgearbeitet. Der aktuelle Zustand des Produktportfolios stellt damit ein zentrales Referenzsystemelement für die Weiterentwicklung des Produktportfolios dar. Unter Berücksichtigung des aktuellen Produktportfolios können in der Delta-Phase Variationen der zu entwickelnden Produkte herausgearbeitet und somit mögliche Potenziale, Ideen und Konzepte beschrieben und bewertet werden.

In der **Soll-Phase** wird die Gestaltung des zukünftigen Produktportfolios fokussiert. Es werden unter Bezugnahme auf Methoden der Vorausschau neue Soll-Produktprofile auf den verschiedenen Ebenen des Produktportfolios erarbeitet. Die Wahl der Ebene richtet sich entsprechend nach dem Wirkungsbereich des Einflusses aus der initialen Phase. So kommen auf den höheren Ebenen des Produktportfolios Methoden mit längerem Horizont zum Einsatz, wie beispielsweise Szenarien und Trends, während auf niedrigeren Ebenen eher Kunden- und Service-Feedback aufgegriffen werden. Der Leitfaden schlägt ebenenspezifische Methoden vor, welche die Suche nach Innovationspotenzialen unterstützen sollen.

Innerhalb der **Delta-Phase** wird der Aufwand ermittelt, welcher erforderlich ist, um vom aktuellen Produktportfolio als zentrales Referenzsystemelement zum gewünschten Soll-Zustand zu gelangen. Ergänzend werden mögliche weitere Referenzen innerhalb und außerhalb des Unternehmens gesucht, um den erwarteten Zielzustand zu entwickeln. Unter Berücksichtigung der aktuell

vorhandenen Elemente im Produktportfolio sollen Ideen zur Umsetzung der Produktprofile generiert werden. Es werden der Unterschied (Delta) und Anpassungsbedarfe verschiedener alternativer Soll-Profile gegenüber den vorhandenen Ist-Elementen des Produktportfolios als zentrale Referenzelemente bewertet.

Eine **Auswahl** der Soll-Produktprofile und die Erstellung einer **Roadmap** werden ausgehend von der Delta-Analyse getroffen. In Abhängigkeit von der Veränderung des Nutzens für Anbieter, Anwender und Kunden sowie der technischen Anpassung in Relation zum Ist-Zustand des Produktportfolios muss der Entwicklungsschritt ggf. in mehrere Generationen aufgeteilt werden. Anschließend sollen über eine generationenübergreifende Roadmap die nächsten Schritte skizziert werden, welche zur Realisierung der Innovationspotenziale erforderlich sind.

Die erste Studie endet mit einer zweistufigen initialen Validierung des erarbeiteten Vorgehensmodells. In einer ersten Stufe wird mit 12 Expertinnen und Experten aus dem Bereich der Entwicklungsmethodik der erarbeitete Leitfaden erprobt. Die Rückmeldungen durch die Anwendenden lassen sich in sieben Cluster gruppieren. In der zweiten Validierungsstufe wird das Vorgehensmodell mit vier Mitarbeitenden eines Unternehmens evaluiert. Die Unternehmensexperten sehen einen zu erwartenden Mehrwert in dem Leitfaden und heben insbesondere die anwendungsfreundliche und intuitive Struktur hervor. Der Leitfaden gibt nach Einschätzung der Unternehmensexpertinnen und -experten einen Anhaltspunkt, wie die Weiterentwicklung von Produktportfolios ablaufen kann. Ein fundierter Mehrwert durch das Vorgehensmodell bei der Weiterentwicklung kann jedoch nach Einschätzung der Unternehmensexpertinnen und -experten erst mit der Anwendung in einem Unternehmen über mehrere Monate belegt werden.

In der **zweiten Studie** (Kapitel 7.2) wird das Vorgehensmodell im Bereich der initialen Phase erweitert. Dazu werden neben der Analyse des initialen Vorgehensmodells und der zugehörigen zweistufigen Validierung fünf Interviews mit Unternehmensexperten hinsichtlich der Treiber und Herausforderungen bei der Weiterentwicklung durchgeführt. Auf Basis der Analyse werden die weiterentwickelten Elemente und zugehörigen Schritte des Beschreibungsmodells aus Kapitel 5.2 in das übergreifende Vorgehensmodell integriert. Die initiale Phase wird in sechs Unterschritte gemäß folgender Abbildung 9.5 unterteilt. Eine explizite Validierungsaktivität mit dritten Teilnehmenden findet im Rahmen der zweiten Studie zum Vorgehensmodell nicht statt.



Abbildung 9.5: Erweiterung des Vorgehensmodells um Subschritte in der initialen Phase gemäß dem Beschreibungsmodell in Kapitel 7.2 (vgl. Abbildung 7.6, Kapitel 7.2).

In der **dritten Studie** zum Vorgehensmodell (Kapitel 7.3) werden die Ist-, Soll- und Delta-Phase des Vorgehens überarbeitet. Das initiale Vorgehensmodell wird, wie in Abbildung 9.6 angedeutet, über Produktlandkarten (Abbildung 7.10, Kapitel 7.3) zur zeitlichen Visualisierung der Weiterentwicklung ergänzt. Ebenfalls werden die in der initialen Validierung in Kapitel 7.1.4 abgeleiteten Anmerkungen zum Design des Leitfadens sowie der Detaillierung enthaltener Methoden aufgegriffen.

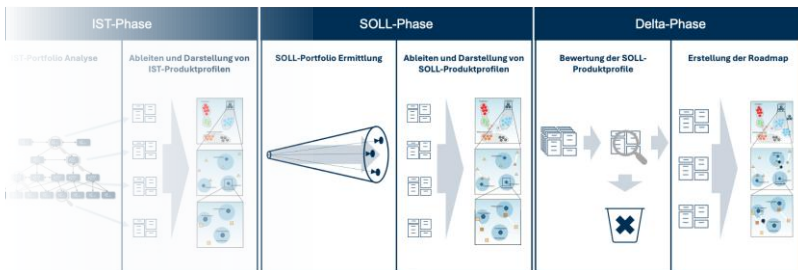


Abbildung 9.6: Erweiterung des Vorgehensmodells innerhalb der Ist-, Soll- und Delta-Phase in Kapitel 7.3 (vgl. Abbildung 7.9, Kapitel 7.3).

In der **vierten Studie** (Kapitel 7.4) wird ein Workshopkonzept erarbeitet, um die erarbeitete Systematik bestehend aus Beschreibungs- und Vorgehensmodell im Live-Lab IP - Integrierte Produktentwicklung (Kapitel 4.5.1) im Jahrgang 2023/24 zu evaluieren. Die initiale Phase konnte im Rahmen des ersten interaktiven Teils des Workshops durch die Mehrheit der Teilnehmenden selbst durchgeführt werden. Bei

der Ist-, Soll- und Delta-Phase des Vorgehens innerhalb des zweiten interaktiven Workshopteils nehmen nach Einschätzung der Teilnehmenden die Anwendbarkeit und Unterstützung durch den Ansatz ab. Aussagen der Teilnehmenden deuten darauf hin, dass die zur Verfügung stehende Zeit während des Workshops zu kurz gewählt wurde und die eigene Vorerfahrung zu gering ist. Übergreifend sieht die Mehrheit der Teilnehmenden jedoch einen Mehrwert in der Systematik und es konnten im Rahmen des Workshops Produktprofile abgeleitet werden.

In der **fünften Studie** (Kapitel 7.5) wird aufbauend auf den Evaluationsergebnissen der vierten Studie das Workshopkonzept überarbeitet und im darauffolgenden Jahrgang des Live-Labs IP erneut angewandt. Die initiale Phase wird in der Analysephase des Live-Labs (Kapitel 4.5.1) in einem separaten Workshop durchgeführt. In der Potenzialfindungsphase liegt der Fokus in einem zweiten Workshop auf der Ist-, Soll- und Delta-Phase der Systematik. Durch die Aufteilung wurde dem Wunsch nach mehr Bearbeitungszeit nachgekommen. Weiter wurden gemäß den Anforderungen aus der ersten Validierung (Kapitel 7.4) ein zentrales Leitbeispiel und Erläuterungen zu Begriffen im Workshop integriert. Die Evaluation zeigt gegenüber der initialen Durchführung, dass nach Einschätzung der Teilnehmenden die Anwendbarkeit und Unterstützung durch die Systematik tendenziell verbessert werden konnten. Die Verbesserung kann dabei jedoch nicht ausschließlich der Veränderung des Workshopkonzeptes zugesprochen werden. Beim Vergleich der Evaluationsstudien in Kapitel 7.4 und 7.5 handelt es sich um zwei unterschiedliche Jahrgänge mit unterschiedlichen Projektaufgabenstellungen sowie unterschiedlichen Teilnehmenden. Die deutliche numerische Verbesserung wird daher lediglich als Tendenz für eine Verbesserung gewertet. Ebenfalls ist zu limitieren, dass die Anwendung der Methodik nach wie vor stark komprimiert und durch Studierende ohne Unternehmenserfahrung erfolgt. Es wird weiterhin angegeben, dass mehr Zeit für die Durchführung der Systematik und das Aufbauen von Hintergrundwissen benötigt wird. Eine zeitliche Erweiterung sowie Annäherung an die spätere Anwendung in Unternehmen werden in Kapitel 8 durchgeführt.

Mithilfe der fünf Studien in Kapitel 7 wurde die FF2.3 nach der Gestaltung eines Vorgehensmodells zur Weiterentwicklung von Produktportfolios beantwortet. Das Vorgehensmodell stellt in Ergänzung zum Beschreibungsmodell den zweiten Baustein der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios dar. Die Anwendung der Systematik innerhalb der beiden Live-Lab-Jahrgänge IP2023/24 und IP2024/25 zeigte Tendenzen zur erfolgreichen Anwendbarkeit und Unterstützung der Systematik im Hinblick auf die Beantwortung von FF3.2. Um die Tendenzen weiter zu ergründen und die Anwendung der Systematik näher in das eigentliche Anwendungsumfeld zu bringen, wird nachfolgend die Evaluation im Unternehmenskontext forciert.

Validierung der Systematik im Unternehmenskontext (Kapitel 8)

Das Kapitel 8 der vorliegenden Arbeit umfasst im Schwerpunkt die Validierung der Elemente aus der Systematik. Es liegen jedoch nicht alle expliziten Validierungsaktivitäten innerhalb von Kapitel 8 vor. Abbildung 9.7 zeigt die verschiedenen Validierungsaktivitäten über den Verlauf der vorliegenden Ausarbeitung.

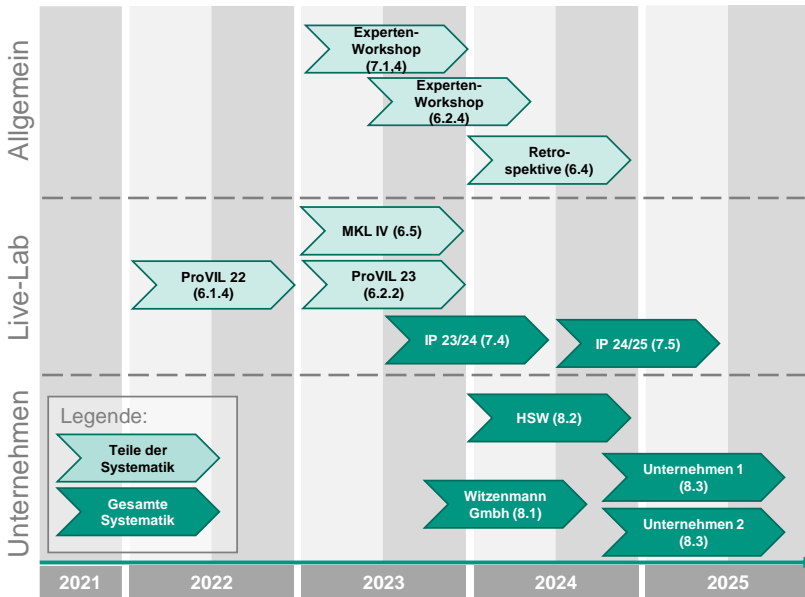


Abbildung 9.7: Übersicht über die in der Arbeit explizit durchgeführten Validierungsaktivitäten.

In Kapitel 8 werden die Anwendung und Evaluation der erarbeiteten Systematik über zwei Fallstudien mit Unternehmen sowie der Transfer der Systematik in zwei weitere Unternehmen fokussiert.

Innerhalb der **ersten Fallstudie** in Kapitel 8.1 wird die Systematik durch den Autor der Arbeit gemeinsam mit Kunert (2024)¹ exemplarisch für das Unternehmen „Witzenmann GmbH“ ausgeführt und anschließend gemeinsam mit zwei Innovationsmanagern als Experten des Unternehmens evaluiert. Da die Innovationsmanager des Unternehmens nicht selbst die Systematik umgesetzt haben, sind die Aussagen der Experten lediglich als Einschätzungen zu werten, was die Validität der Studie limitiert. Durch die detaillierte Darstellung der Phasen sowie der unternehmensbezogenen Ergebnisse wird jedoch eine realistische Grundlage für eine Bewertung der Systematik durch die Unternehmensexperten gebildet. Nach Einschätzung der Experten ist das Vorgehensmodell in allen Phasen grundsätzlich anwendbar. Weiter geben die Experten an, dass das Vorgehensmodell eine Unterstützung bei der Entwicklung bieten kann. Die größten Bedenken der Experten liegen darin, dass der Aufwand zur Durchführung der Systematik in Relation zum Nutzen vorhanden und für potenzielle Anwender und Anwenderinnen erkennbar sein muss, idealerweise vorzeigbar anhand eines Erfolgsbeispiels. Es wird angemerkt, dass das Vorgehensmodell sehr komplex und zeitaufwändig ausfällt. Es sollte daher nicht inhaltlich erweitert, sondern die Implementierung in Unternehmen verbessert werden. Beide Interviewpartner sehen in dem Leitfaden zur Systematik einen potenziellen Mehrwert, welcher insbesondere durch das strukturierte und systematische Vorgehen generiert wird. Nach Einschätzung von Innovationsmanager 2 müsste die Systematik jedoch über mehrere Jahre in einem Unternehmen angewandt und überwacht werden, um diese vollständig zu validieren.

Ein Schritt in Richtung einer umfassenderen Validierung wird mit der **zweiten Fallstudie** in Kapitel 8.2 gegangen, in welcher die Systematik in der Firma Henke-Sass, Wolf GmbH (HSW) für 6 Monate implementiert wird. Die Arbeitsergebnisse der Systematik sind in der zweiten Fallstudie innerhalb des Unternehmens entstanden, werden als valider angesehen und stehen daher gegenüber der ersten Fallstudie im Fokus der Darstellung der Evaluationsergebnisse. Mit Ausnahme der Anpassungen in der Delta-Phase und der Kunden- und Nutzerbefragung, die von HSW ausdrücklich nicht gewünscht war, konnten die Schritte des Vorgehensmodells der Systematik angewandt werden. Die Systematik unterstützt innerhalb der Fallstudie die Weiterentwicklung und ermöglicht es, neue Einflüsse und zukünftige Produktprofile abzuleiten. Inwieweit diese zu einer tatsächlichen Innovation führen und damit ein belegbarer Mehrwert erzeugt wird, kann erst retrospektiv nach der Markteinführung festgestellt werden. Belastbare Aussagen

¹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

über den tatsächlichen Erfolg der Systematik können daher lediglich nach Studien über mehrere Jahre der praktischen Anwendung der Systematik erfolgen.

Um den Transfer der Systematik in weitere Unternehmensanwendungen zu unterstützen, wird abschließend in Kapitel 8.3 ein Transferansatz zur Unterstützung des Transfers der entwickelten Systematik in die Unternehmensanwendung entwickelt. Mithilfe des Transferansatzes wird der initiale Transfer der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios als Gegenstand der vorliegenden Arbeit in zwei verschiedenen Unternehmen durchgeführt. Kernaktivität innerhalb des Transfers stellt ein Workshop mit zwei Unternehmen und insgesamt sechs Mitarbeitenden aus den beiden Unternehmen dar, in welchem die Systematik durch die Unternehmensmitarbeitenden angewandt wird.

Als Fazit zu Kapitel 8 lässt sich in Bezug auf die Forschungsfragen FF3.1 sowie FF3.2 festhalten, dass die Systematik bestehend aus Beschreibungsmodell (FF3.1) sowie Vorgehensmodell (FF3.2) anhand der beiden Fallstudien sowie mithilfe des Transferansatzes in zwei weiteren Unternehmenskontexten angewandt werden konnte. Dabei konnte die Anwendbarkeit durch entsprechende Ausführung der Schritte und das Vorliegen von Arbeitsergebnissen aufgezeigt werden. Angaben der durchführenden Expertinnen und Experten legen vermehrt eine Unterstützung der Systematik bei der Weiterentwicklung von Produktportfolios nahe. Die Forschungshypothese 2 der vorliegenden Arbeit wird daher bestätigt. Die Einschätzungen der Expertinnen und Experten zeigen, dass ein tendenzieller Mehrwert durch die Systematik erwartet werden kann, jedoch auch Herausforderungen im Umgang mit der Systematik und Potenziale zur Erweiterung existieren (FF3.3).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch die Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios in fünf Studien eine Wissensbasis zur Weiterentwicklung von Produktportfolios geschaffen werden konnte. Es konnte darauf aufbauend eine Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios bestehend aus Beschreibungsmodell und Vorgehensmodell erarbeitet werden. Über mehrere Validierungsstudien konnte die Anwendbarkeit in Fallstudien demonstriert und eine Tendenz für die Unterstützung sowie für einen zu erwartenden Mehrwert in einer mehrjährigen Unternehmensanwendung aufgezeigt werden. Damit konnten die gestellten Forschungsfragen beantwortet und korrelierende Teilziele der vorliegenden Arbeit erreicht werden. Weitere Vorhaben auf Grundlage der vorliegenden Arbeit werden in nachfolgendem Kapitel skizziert.

9.2 Ausblick

Innerhalb des vorliegenden Kapitels werden weitere Forschungsimpulse gegeben und Forschungsaktivitäten anknüpfend an die vorliegende Arbeit vorgeschlagen.

9.2.1 Entwicklung eines Schulungskonzepts zur Vermittlung der Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus der Anwendung der Systematik mit Expertinnen und Experten aus Unternehmen (Kapitel 8) geht der Bedarf an einem ausgeprägten Schulungskonzept für die im Rahmen der Arbeit erarbeitete Systematik hervor. Ziel ist es, abhängig vom jeweiligen Kenntnisstand sowie von der verfügbaren Kapazität zur Anwendung der Systematik die Unternehmen zu befähigen, den Leitfaden anzuwenden. Dazu wird im Rahmen einer Abschlussarbeit (Hiemer, 2025)² ein modulares Schulungskonzept erstellt, welches zielgruppenspezifisch eine Einführung in die Systematik bietet. Damit sollen zwei zentrale Herausforderungen im Umgang mit der Systematik adressiert werden. Es soll die Akzeptanz bei den Anwendenden gesteigert und der Aufwand der Durchführung verringert werden. Abbildung 9.8 zeigt schematisch wie eine Schulung des Ansatzes zielgruppenspezifisch konfiguriert werden kann.

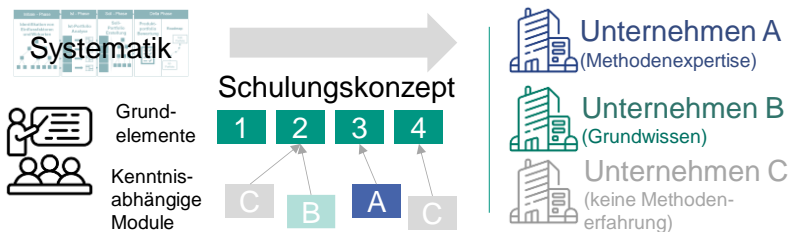


Abbildung 9.8: Zielgruppenspezifische Zusammenstellung eines Schulungskonzeptes für die Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios.

Die Schulungselemente können im Weiteren in Weiterentwicklungen des Leitfadens wie beispielsweise einer App-Anwendung verwendet werden.

² Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

9.2.2 Erweiterung um eine Software-Anwendung

Die Systematik ist aktuell entlang der Schritte des Vorgehensmodells in einem online Leitfaden umgesetzt. Eine standortverteilte und interaktive Anwendung ist damit bereits möglich. Um alle Funktionalitäten der Systematik auszuschöpfen, sollte ein umfassenderer Prototyp in Form einer Software-Anwendung mit Schnittstellen zu MBSE-Modellierungstools aufgebaut werden (Abbildung 9.9). Beispielsweise soll es so möglich werden, die Vererbung von Eigenschaften in ebenspezifischen Produktprofilen (Kapitel 6.2) über eine automatische Vervollständigung bzw. Vorschläge zur Vervollständigung effizienter zu gestalten (vgl. Anmerkung aus der Unternehmensanwendung in Kapitel 8.3.2). Ebenfalls kann mittels Gamification die Motivation zur Anwendung der Systematik in der Unternehmenspraxis gefördert werden. Die Einbindung von digitalen Anwendungen aus dem Bereich der Vorausschau, wie einem Trendradar, kann Impulse liefern, neue Einflüsse zu erkennen und diese in dem Produktportfolio zu verorten.



Abbildung 9.9: Die Umsetzung der erarbeiteten Systematik in einer App-Anwendung eröffnet die Möglichkeit, den Ansatz über eine initiale Implementierung hinaus in Unternehmen anzuwenden und zu validieren.

Die prototypische Umsetzung in einer Software-Anwendung dient damit als befähigender Schritt, um die Systematik in mehreren Unternehmen über einen längeren Zeitraum anzuwenden.

9.2.3 Erweiterte Anwendung in Unternehmen

Die Validierungsaktivitäten für Methoden im Bereich der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios erfordern aufgrund der Komplexität und des Aufwands eine langfristige Anwendung im Unternehmen. Die Erarbeitung eines Schulungskonzeptes (Kapitel 9.2.1) und die Umsetzung in einem funktional erweiterten Prototyp (Kapitel 9.2.2) sollen die erweiterte Anwendung in

verschiedenen Unternehmen ermöglichen. Es könnten weitere Validierungsstudien durchgeführt werden, um eine breitere Erkenntnisbasis für die Anwendung der Systematik in verschiedenen Branchen zu entwickeln. Durch die Implementierung des Ansatzes in verschiedenen Unternehmen soll in Abhängigkeit von unternehmensspezifischen Charakteristika wie der Branche oder der Unternehmensgröße ein spezifischerer Vorschlag von geeigneten Methoden entlang der Systematik ermöglicht werden.

9.2.4 Untersuchung des Transfers von Entwicklungsmethoden in die Unternehmenspraxis

Ein weiterer Anknüpfungspunkt schließt an die Erarbeitung des Transferansatzes in Kapitel 8.3 an. Ziel ist es, über mehrere Jahre den Übergang von Entwicklungsmethoden aus der experimentellen Anwendung (Abbildung 4.3 - M3, Kapitel 4.2) in die Anwendung in Unternehmen (Abbildung 4.3 - M4, Kapitel 4.2) zu untersuchen. Eine Projektskizze mit dem Titel: „Implementierung und Transfer einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios - ITS ZuWePP“ befindet sich in der Wiedereinreichung. Im Rahmen des Projektes soll im ersten Schritt der aktuelle Stand in der Weiterentwicklung des Produktportfolios bei einem Unternehmenspartner untersucht werden. Daraufhin soll mithilfe von Schulungen und Workshops die innerhalb der vorliegenden Arbeit erarbeitete Systematik initial im Unternehmen implementiert und evaluiert werden.

9.2.5 Generationsübergreifende Weiterentwicklung von zirkulären Produkten in vernetzten Produktportfolios

Die zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios spielt ebenfalls bei der Identifikation von kreislaufwirtschaftsgerechten Produkten eine entscheidende Rolle. Zentraler Aspekt ist hierbei die Synchronisation der Lebenszyklen der im Portfolio enthaltenen Produkte, um die Umsetzung von generationsübergreifenden Nachhaltigkeitsstrategien zu ermöglichen. Dazu soll eine generationsübergreifende Modellierung von Anforderungen und Abhängigkeiten an die einzelnen Produkte erarbeitet werden. Die generationsübergreifende Modellierung der Produkte soll ebenfalls die Einplanung von Nachhaltigkeitszielen aus der Schnittstelle zur strategischen Planung berücksichtigen, um kreislaufgerechte Produkte mit hohem Innovationspotenzial ableiten zu können. Da etablierte Unternehmen durch ein bestehendes Produktportfolio limitiert sind, sollen ebenfalls Analyse- und Transformationsansätze zur Überführung von konventionellen in kreislaufgerechte Produktportfolios erarbeitet werden. Ein entsprechendes Vorhaben befindet sich über eine EUREKA-Ausschreibung in der finalen Genehmigung.

9.2.6 Durchgängige Zielsystembildung in der generationsübergreifenden Entwicklung von Produktportfolios

Mithilfe der Analyse der Weiterentwicklung von Produktportfolios (vgl. Kapitel 5) sowie der ebenenspezifischen Modellierung der Weiterentwicklung von Produktportfolios mit dem erarbeiteten Beschreibungsmodell in Kapitel 6 kann die Weiterentwicklung von Produktportfolios detaillierter verstanden werden.

Eine zentrale Herausforderung, welche durch die Modellierung sichtbar wird, ist die durchgängige Zielsystembildung über die strukturelle und zeitliche Weiterentwicklung des Produktportfolios. Abbildung 9.10 zeigt die verschiedenen Ebenen des Produktportfolios und die Dimensionen der Durchgängigkeit vereinfacht als räumliche und zeitliche Konsistenz auf den Seiten des Produktportfolios.

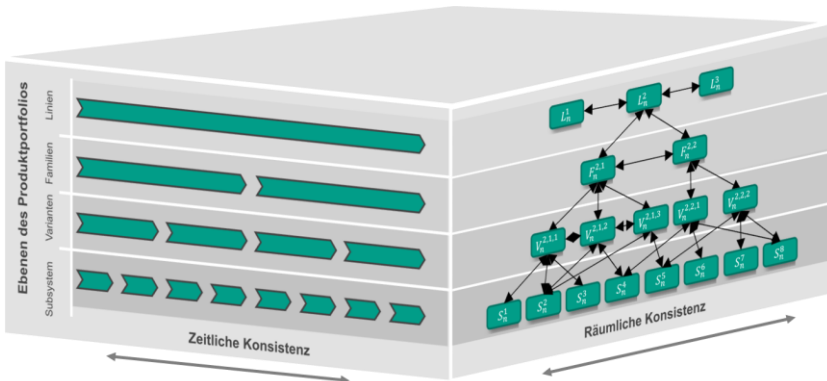


Abbildung 9.10: Ein durchgängiges Zielsystem eines Produktportfolios zeichnet sich durch die Kombination von zeitlicher und räumlicher Konsistenz der ebenenspezifischen Entwicklungsziele aus.

In dem bereits bewilligten DFG-Projekt: „Vorgehen zur durchgängigen Zielsystembildung in der generationsübergreifenden Entwicklung von Produktportfolios“ (Projektnummer: 437943992) wird über eine Laufzeit von 24 Monaten eine Methode zur Ausprägung zeitlich und räumlich konsistenter Zielsystembildung in der Weiterentwicklung von Produktportfolios erarbeitet. Dazu wird die Zielsystembildung in der Praxis und Theorie untersucht, um auf Grundlage des Modells der SGE - Systemgenerationsentwicklung Zielgrößen für die generationsübergreifende Entwicklung von Produktportfolios abzuleiten. Das Projekt baut damit die Verknüpfung von strategischer Produktplanung und dem Modell der SGE weiter aus.

Literaturverzeichnis

- Abbas, A., Avdic, A., Barker, K. C. & Xiaobao, P. (2018). Knowledge Transfer from Universities to Industry Through University Technology Transfer Offices. *Science and innovation*, 14(2), 5–18. <https://doi.org/10.15407/scine14.02.005>
- Ahmed, S., Kim, S. & Wallace, K. M. (2007). A Methodology for Creating Ontologies for Engineering Design. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 7(2), 132–140. <https://doi.org/10.1115/1.2720879>
- Albers, A. (1994). Simultaneous Engineering, Projektmanagement und Konstruktionsmethodik - Werkzeuge zur Effizienzsteigerung. In *Deutscher Konstrukteurtag - Entwicklung und Konstruktion im Strukturwandel, Fulda, Germany, 6.-7. Juni 1994* (VDI-Berichte, vol. 1120, pp. 73–106). VDI Verlag.
- Albers, A. (2010). Five Hypotheses about Engineering Processes and their Consequences. In I. Horvath, F. Mandorli & Z. Rusak (Hrsg.), *Proceedings of TMCE 2010 Symposium* (Bd. 1, S. 343–356). Ancona, Italien.
- Albers, A. (2011). Der Entwickler im Zentrum des Systems der Produktentstehung. In H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer & D. Roth (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung. SSP 2011*. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Albers, A. (2025, 21. Februar). *IP – Integrierte Produktentwicklung– And how it has been continuously evolving for over 25 years. "IP" closing ceremony*, Karlsruhe.
- Albers, A., Behrendt, M., Klingler, S. & Matros, K. (2016). Verifikation und Validierung im Produktentstehungsprozess. In U. Lindemann (Hrsg.), *Handbuch Produktentwicklung* (S. 541–569). München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. <https://doi.org/10.3139/9783446445819.019>
- Albers, A., Behrendt, M., Klingler, S., Reiss, N. & Bursac, N. (2017). Agile product engineering through continuous validation in PGE – Product Generation Engineering. *Design Science*, 3. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.5>

- Albers, A. & Braun, A. (2011). A generalised framework to compass and to support complex product engineering processes. *International Journal of Product Development*, 15(1/2/3), 6. <https://doi.org/10.1504/IJPD.2011.043659>
- Albers, A., Burkardt, N., Meboldt, M. & Saak, M. (2005). Spalten Problem Solving Methodology in the Product Development. *International Conference on Engineering Design ICED 05, Melbourne, Australia, August 15-18, 2005*.
- Albers, A., Bursac, N., Heimicke, J., Walter, B. & Reiss, N. (2017). 20 years of co-creation using case based learning. An integrated approach for teaching innovation and research in Product Generation Engineering. In M. E. Auer, D. Guralnick & J. Uhomoihi (Hrsg.), *Proceedings of the 20th ICL Conference* (S. 636–647). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73204-6_69
- Albers, A., Bursac, N., Marthaler, F., Reiss, N., Siebe, A., Bender, B. et al. (2017). Szenarien der Methodenanwendung - Ein Whitepaper für die Methodenforschung. *Konstruktion*, 69(11/12), 72–77.
- Albers, A., Bursac, N. & Rapp, S. (2017). PGE – Produktgenerationsentwicklung am Beispiel des Zweimassenschwungrads. *Forschung im Ingenieurwesen*, 81(1), 13–31. <https://doi.org/10.1007/s10010-016-0210-0>
- Albers, A., Bursac, N., Walter, B., Hahn, C. & Schröder, J. (2016). ProVIL – Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor. In R. Stelzer (Hrsg.), *Entwerfen Entwickeln Erleben 2016. Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik* (S. 185–198). TUDpress.
- Albers, A., Bursac, N. & Wintergerst, E. (2015). Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. In H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer & D. Roth (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, SSP 2015*. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Albers, A., Dumitrescu, R., Marthaler, F., Albers A., A., Kühfuss, D., Strauch, M. et al. (2018). PGE-Produktgenerationsentwicklung und Zukunftsvorausschau: Eine systematische Betrachtung zur Ermittlung der Zusammenhänge. In J. Gausemeier, W. Bauer & R. Dumitrescu (Hrsg.), *14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung* (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 385). Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.

Albers, A., Fahl, J., Hirschter, T. & Rapp, S. (2021). Application of the generic variation operator in the model of PGE – product generation engineering onto the element types of properties and functions of technical systems. *Procedia CIRP*, 100, 870–875. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.029>

Albers, A. & Gausemeier, J. (2012). Von der fachdisziplinorientierten Produktentwicklung zur Vorausschauenden und Systemorientierten Produktentstehung. In R. Anderl, M. Eigner, U. Sandler & R. Stark (Hrsg.), *Smart Engineering. Interdisziplinäre Produktentstehung* (acatech DISKUSSION, S. 17–29). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29372-6_3

Albers, A., Haug, F., Heitger, N., Arslan, M., Rapp, S. & Bursac, N. (2016). Produktgenerationsentwicklung Praxisbedarf und Fallbeispiel in der automobilen Produktentwicklung. 12. *Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (SVT), Berlin, 8. - 9. Dezember 2016*. Verfügbar unter: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000068053>

Albers, A., Heimicke, J., Walter, B., Basedow, G. N., Reiss, N., Heitger, N. et al. (2018). Product Profiles: Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations. *Procedia CIRP*, 70, 253–258.

Albers, A., Hirschter, T., Fahl, J., Wöhrle, G., Reinemann, J. & Rapp, S. (Eds.). (2020). *Generic Reference Product Model for Specifying Complex Products by the Example of the Automotive Industry*. Delft: Delft University of Technology. Retrieved from <https://tmce.io.tudelft.nl/?year=2020&page=proceedings%202020>

Albers, A., Lanza, G., Klippert, M., Schäfer, L., Frey, A., Hellweg, F. et al. (2022). Product-Production-CoDesign: An Approach on Integrated Product and Production Engineering Across Generations and Life Cycles. *Procedia CIRP*, 109, 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.231>

Albers, A., Lohmeyer, Q. & Ebel, B. (2011). Dimensions of objectives in interdisciplinary product development projects. In S. J. Culley, B. J. Hicks, T. C. McAloone, T. J. Howard & Y. Reich (Hrsg.), *DS 68-2: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11)* .

Albers, A., Mandel, C., Yan, S. & Behrendt, M. (2018). System of Systems Approach for the Description and Characterization of Validation Environments. In *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design*

Conference (pp. 2799–2810). Retrieved from https://www.designsociety.org/publication/40669/system_of_systems_approach_for_the_description_and_characterization_of_validation_environments

- Albers, A., Marthaler, F., Schlegel, M., Thümmel, C., Kübler, M. & Siebe, A. (2022). *Eine Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung: Generationsübergreifende Ableitung von Produktprofilen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau* (KIT - Scientific Working Papers 186).
- Albers, A., Maul, L., Heismann, R. & Bursac, N. (2018). Connected creativity-a human centered community innovation platform in the context of product generation engineering. *Design Science*, 4. <https://doi.org/10.1017/dsj.2018.2>
- Albers, A. & Meboldt, M. (2007). IPEMM – Integrated Product Development Process Management Model, Based on Systems Engineering and Systematic Problem Solving. *Proceedings of the 16th International Conference on Engineering Design (ICED07)*, 611-612.
- Albers, A. & Rapp, S. (2022). Model of SGE: System Generation Engineering as Basis for Structured Planning and Management of Development. In D. Krause & E. Heyden (Eds.), *Design Methodology for Future Products. Data Driven, Agile and Flexible* (Springer eBook Collection, 1st ed., S. 27–46). Cham: Springer International Publishing; Imprint Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78368-6_2
- Albers, A., Rapp, S., Birk, C. & Bursac, N. (2017). Die Frühe Phase der PGE - Produktgenerationsentwicklung. In H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer, D. Spath & D. Roth (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2017*. Stuttgart: Fraunhofer IAO.
- Albers, A., Rapp, S., Spadinger, M., Richter, T., Birk, C., Marthaler, F. et al. (2019). *Das Referenzsystem im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung: Vorschlag einer generalisierten Beschreibung von Referenzprodukten und ihrer Wechselbeziehungen* (IPEK - Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hrsg.). <https://doi.org/10.5445/IR/1000093227>
- Albers, A., Reiss, N., Bursac, N. & Breitschuh, J. (2016). 15 Years of SPALTEN Problem Solving Methodology in Product Development. *Nord Design 2016, Trondheim, Norway*.

- Albers, A., Reiss, N., Bursac, N. & Richter, T. (2016). IPeM-Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering. *Procedia CIRP*, 50, 100–105. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.168>
- Albers, A., Saak, M. & Burkardt, N. (2002). Gezielte Problemlösung bei der Produktentwicklung mit Hilfe der SPALTEN-Methode. 47. *Internationales Wissenschaftliches Kolloquium*, (S. 83–84).
- Alfieri, A., Castiglione, C. & Pastore, E. (2020). A multi-objective tabu search algorithm for product portfolio selection: A case study in the automotive industry. *Computers and Industrial Engineering*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106382>
- Amshoff, B. (2016, 23. August). *Systematik zur musterbasierten Entwicklung technologie-induzierter Geschäftsmodelle*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.
- Andersen, P. D., Jørgensen, B. H., Lading, L. & Rasmussen, B. (2004). Sensor foresight—technology and market. *Technovation*, 24(4), 311–320. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00072-X](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00072-X)
- Arslan, M., Bursac, N., Killer, B. & Albers, A. (2018). Developing R&D-Strategies for Future Innovations: Activities in the Context of Technological Transformation and PGE – Product Generation Engineering. R&D Management Conference. *R&D Management Conference, Milano, I, June 30 - July 4, 2018*.
- Bailom, F., Hinterhuber, H. H., Matzler, K. & Sauerwein, E. (1996). Das Kano-Modell der Kundenzufriedenheit. In *Marketing-Zeitschrift für Forschung und Praxis ZFP Journal of research and management Marketing ZFP Zeitschrift für Forschung und Praxis* (S. 117-126). München: Beck.
- Baldwin, C. & Clark, K. (2006). Modularity in the design of complex engineering systems. *Braha D, Minai AA, Bar-Yam Y (eds) Complex engineered systems*. Springer, Heidelberg, 175–205.
- Barczak, G., Griffin, A. & Kahn, K. B. (2009). PERSPECTIVE: Trends and Drivers of Success in NPD Practices: Results of the 2003 PDMA Best Practices Study *. *Journal of Product Innovation Management*, 26(1), 3–23. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2009.00331.x>

- Bennett, N. & Lemoine, G. J. (2014). What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world. *Business Horizons*, 57(3), 311–317. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2014.01.001>
- Blessing, L. T. & Chakrabarti, A. (2009). *DRM, a Design Research Methodology*. London: Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-587-1>
- Boes, A. & Ziegler, A. (2021). Umbruch in der Automobilindustrie. Analyse der Strategien von Schlüsselunternehmen an der Schwelle zur Informationsökonomie. https://doi.org/10.36194/IDGUZDA_Forschungsbericht_Auto
- Boesl, D. B. O., Bode, M., Liepert, B. & Greisel, S. (2017). Structured Megatrends Research as Foundation for Future-Oriented Research-Planning and R&D Roadmapping in Robotics. In *2017 International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication (CTCEEC)* (S. 24–30). IEEE.
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Bruch, J. & Bellgran, M. (2014). Integrated portfolio planning of products and production systems. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 25(2), 155–174. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2013-0126>
- Bursac, N. (2016). Model Based Systems Engineering zur Unterstützung der Baukastenentwicklung im Kontext der Frühen Phase der Produktgenerationsentwicklung. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 93). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000054484>
- Cantamessa, M. (2003). An empirical perspective upon design research. *Journal of Engineering Design*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/0954482031000078126>
- Chumnumpan, P. & Shi, X. (2019). Understanding new products' market performance using Google Trends. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 27(2), 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2019.01.001>

- Cooper, R. G. (2016). Agile–Stage-Gate Hybrids. *Research-Technology Management*, 59(1), 21–29. <https://doi.org/10.1080/08956308.2016.1117317>
- Cooper, R. G. (2019). The drivers of success in new-product development. *Industrial Marketing Management*, 76, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.07.005>
- Cooper, R. G. & Edgett, S. (1999). Portfolio management for new products. In W. B. Smart & D. T. Smart (Hrsg.), *Over The Rim* (S. 191–199). Utah State University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt46nrzt.12>
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & Kleinschmidt, E. J. (1999). New Product Portfolio Management: Practices and Performance. *Journal of Product Innovation Management*, 16(4), 333–351. <https://doi.org/10.1111/1540-5885.1640333>
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & Kleinschmidt, E. J. (2000). New Problems, New Solutions: Making Portfolio Management More Effective. *Research-Technology Management*, 43(2), 18–33. <https://doi.org/10.1080/08956308.2000.11671338>
- Cooper, R. G., Edgett, S. & Kleinschmidt, E. J. (2001). Portfolio management for new product development: results of an industry practices study. *R&D Management*, 31(4), 361–380. <https://doi.org/10.1111/1467-9310.00225>
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & Kleinschmidt, E. J. (2004). Benchmarking Best NPD Practices—II. *Research-Technology Management*, 47(3), 50–59. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671630>
- Cooper, R. G. & Kleinschmidt, E. J. (1993). Stage gate systems for new product success. *Marketing Management*, (Volume 1, Number 4).
- Cooper, R. G. & Sommer, A. F. (2020). New-Product Portfolio Management with Agile. *Research-Technology Management*, 63(1), 29–38. <https://doi.org/10.1080/08956308.2020.1686291>
- Corbett, C., Brunner, M., Schmidt, K., Schneider, R. & Dannebaum, U. (2018). Leveraging Hardware Security to Secure Connected Vehicles. In *SAE Technical Paper Series* (SAE Technical Paper Series). SAE International400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA, United States.

- Dambietz, F. M., Greve, E. & Krause, D. (2021). Simulation-Based Performance Analysis for Future Robust Modular Product Architectures. *Proceedings of the Design Society*, 1, 2671–2680. <https://doi.org/10.1017/pds.2021.528>
- Danesh, D., Ryan, M. J. & Abbasi, A. (2017). Multi-criteria Decision-making Methods for Project Portfolio Management: A Literature Review. *International Journal of Management and Decision Making*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.1504/IJMDM.2017.10006139>
- Dash, B., Gajanand, M. S. & Narendran, T. T. (2018). A model for planning the product portfolio and launch timings under resource constraints. *International Journal of Production Research*, 56(15), 5081–5103. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1394588>
- Dash, B., Narendran, T. T. & Gajanand, M. S. (2016). A model for new product introduction under resource constraints and product interdependence. *International Journal of Operational Research*, 26(4), 473. <https://doi.org/10.1504/IJOR.2016.077685>
- Deubzer, F. & Lindemann, U. (2009). Networked product modelling – use and interaction of product models and methods during analysis and synthesis. Norell M, Grimheden M, Leifer L, Skogstad P, Lindemann U (Hrsg) *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design. The Design Society. Stanford University, Palo Alto, CA, USA*, 371–380.
- Doorasamy, M. (2015). Product portfolio management: An important business strategy. *Foundations of Management*, 7(1), 29–36. <https://doi.org/10.1515/fman-2015-0023>
- Doorasamy, M. (2017). Product Portfolio Management Best Practices for New Product Development: A Review of Models. *Foundations of Management*, 9(1), 139–148. <https://doi.org/10.1515/fman-2017-0011>
- Dörner, D. (1979). *Problemlösen als Informationsverarbeitung* (2. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer-Standards Psychologie Studentext.
- Dorostkar-Ahmadi, N. & Shafie-Nikabadi, M. (2018). A nonlinear multiobjective model for the product portfolio optimization: An integer programming. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 9(2), 231–239. <https://doi.org/10.22075/ijnaa.2018.13447.1695>

- Du, X., Jiao, J. & Tseng, M. M. (2001). Architecture of Product Family: Fundamentals and Methodology. *Concurrent Engineering*, 9(4), 309–325. <https://doi.org/10.1177/1063293X0100900407>
- Dülme, C. (2018). *Systematik zur zukunftsorientierten Konsolidierung variantenreicher Produktprogramme*. Dissertation. <https://doi.org/10.17619/UNIPB/1-387>
- Dülme, C., Eckelt, D., Friebe, M. & Gausemeier, J. (2016). Future-oriented consolidation of product portfolios – Create space for innovations. *The XXVII ISPIM Innovation Conference – Blending Tomorrow's Innovation Vintage, Porto, Portugal on 19-22 June 2016*.
- Dülme, C. & Lehner, M. (2017). Ganzheitliches Programm Management - Ein Ansatz zur zukunftsorientierten Portfoliooptimierung. In J. Gausemeier (Hrsg.), *13. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 374)*. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.
- Dumitrescu, R., Albers, A., Riedel, O., Stark, R. & Gausemeier, J. (2021). *Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft. Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering* (Dumitrescu, R., Albers, A., Riedel, O., Stark, R. & Gausemeier, J., Hrsg.). Paderborn.
- Dunst, K. H. (1983). *Portfolio Management. Konzeption für die strategische Unternehmensplanung* (2. Aufl.). Berlin: Walter de Gruyter.
- Echterfeld, J. & Gausemeier, J. (2018). Digitising Product Portfolios. *International Journal of Innovation Management*, 22(05), 1840003. <https://doi.org/10.1142/S1363919618400030>
- Echterhoff, B. (2018, 18. Oktober). *Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.
- Echterhoff, N. (2014). *Systematik zur Planung von Cross-Industry-Innovationen*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.
- Eckert, C., Alink, T. & Albers, A. (2010). Issue driven analysis of an existing product at different levels of abstraction. *Proceedings of DESIGN. The Design Society*, 673–682.

- Eckert, C., Maier, A. & McMahon, C. (2005). Communication in design. In J. Clarkson & C. Eckert (Hrsg.), *Design process improvement* (S. 232–261). London: Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-061-0_10
- Ehrlenspiel, K. (2009). *Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit* (4., aktualisierte Aufl.). München: Hanser.
- Ehrlenspiel, K. & Meerkamm, H. (2017). *Integrierte Produktentwicklung. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit*. München: Carl Hanser Verlag.
- EIMaraghy, H., Schuh, G., EIMaraghy, W., Piller, F., Schönsleben, P., Tseng, M. et al. (2013). Product variety management. *CIRP Annals*, 62(2), 629–652. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2013.05.007>
- Erb, J. & Storz, G. (2017). Neue Wege zur Produktentwicklung. In H. Grabowski & K. Geiger (Hrsg.), *Neue Wege zur Produktentwicklung*. Stuttgart: Raabe.
- Esmaeili, M. & Arjmand, A. (2019). A Regret Minimization Approach in Product Portfolio Management with Respect to Customers' Price-sensitivity. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 12(1), 93–102. <https://doi.org/10.22094/joie.2018.746.1476>
- Fahl, J., Hirschter, T., Kamp, J., Endl, M. & Albers, A. (2019). Functional Concepts in the model of PGE - Product Generation Engineering by the Example of Automotive Product Development. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of 5th International Symposium on Systems Engineering (ISSE) 2019* (n. p.). Piscataway, NJ, USA: IEEE.
- Fahrenstich, J. (2024). *Weiterentwicklung und Validierung eines Leitfadens zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Development and validation of a guideline for the future-resilient advancement of product portfolios*. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (2013). *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29569-0>

- Feuerborn, B. (agrargheute, Hrsg.). (2021). *John Deere: Serie 6R mit vier neuen Modellen*. Verfügbar unter: <https://www.agrarheute.com/technik/traktoren/john-deere-serie-6r-vier-neuen-modellen-587378>
- Flagg, J. L., Lane, J. P. & Lockett, M. M. (2013). Need to Knowledge (NtK) Model: an evidence-based framework for generating technological innovations with socio-economic impacts. *Implementation Science : IS*, 8, 21. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-8-21>
- Frank, M., Gausemeier, J., Hennig-Cardinal von Widdern, N., Koldewey, C., Steffen Menzefricke, J. & Reinhold, J. (Hrsg.). (2020). *A reference process for the Smart Service business: development and practical implications*: International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).
- Franke, H.-J., Hesselbach, J., Huch, B. & Firchau, N. L. (2002). *Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung* (1. Auflage). Fachbuchverlag Leipzig.
- Friedrich von den Eichen, Labriola Fabio & Wasner Reine. (2007). Wann sich Innovationen lohnen. *Harvard Business Manager*, (12), 44–55.
- Galbraith, J. R. (1973). *Designing Complex Organizations*. Boston, MA, Wesley. USA: Addison- Wesley.
- Gälweiler, A. (2005). *Strategische Unternehmensführung* (3. Aufl.). Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH.
- Gärtner, A. D. (2022). *Entwicklung eines Modells zur Beschreibung der Produktportfolioentwicklung auf Basis der SGE - Systemgenerationsentwicklung*. Masterarbeit. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe.
- Gausemeier, J. (2013). *Strategische Planung und integrative Entwicklung der technischen Systeme von morgen*. Verlag Ferdinand Schöningh. <https://doi.org/10.30965/9783657779451>
- Gausemeier, J., Amshoff, B., Dülme, C. & Kage, M. (2014). Strategische Planung von Marktleistungen im Kontext Industrie 4.0. In J. Gausemeier (Hrsg.), *10. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung* (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 334). Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.

- Gausemeier, J., Czaja, A., Wiederkehr, O., Dumitrescu, R., Tschirner, C. & Steffen, D. (2013). Studie: Systems Engineering in der industriellen Praxis. In M. Maurer & S.-O. Schulze (Hrsg.), *Tag des Systems Engineering* (S. 113–122). München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
<https://doi.org/10.3139/9783446439467.012>
- Gausemeier, J., Dumitrescu, R., Echterfeld, J., Pfänder, T., Steffen, D. & Thielemann, F. (2019). *Innovationen für die Märkte von morgen. Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen*. München: Hanser.
- Gausemeier, J., Fink, A. & Schlake, O. (1996). *Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien* (2., bearb. Aufl.). München: Hanser.
- Gausemeier, J., Ovtcharova, J., Amshoff, B., Eckelt, D., Elstermann, M., Placzek, M. et al. (2016). *Strategische Produktplanung: adaptierbare Methoden, Prozesse und IT-Werkzeuge für die Planung der Marktleistungen von morgen*. <https://doi.org/10.2314/GBV:870185012>
- Gausemeier, J. & Plass, C. (2014). *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen* (2. Aufl.). München: Hanser. <https://doi.org/10.3139/9783446438422>
- Gausemeier, J., Wieseke, J., Echterhoff, B., Koldewey, C., Mittag, T., Schneider, M. et al. (2017). *Mit Industrie 4.0 zum Unternehmenserfolg - Integrative Planung von Geschäftsmodellen und Wertschöpfungssystemen*. Heinz Nixdorf Institut.
- Gebhardt, M., Spieske, A. & Birkel, H. (2022). The future of the circular economy and its effect on supply chain dependencies: Empirical evidence from a Delphi study. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 157, 102570. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102570>
- Gerpott, T. J. & May, S. (2016). Integration of Internet of Things components into a firm's offering portfolio – a business development framework. *Info*, 18(2), 53–63. <https://doi.org/10.1108/info-11-2015-0051>
- Gläser, J. & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen* (Lehrbuch, 4. Auflage). Wiesbaden: VS Verlag. Verfügbar unter: <http://d-nb.info/1002141753/04>

- Göggerle, T. (agrargheute, Hrsg.). (2023). *John Deere: Diese Neuheiten bekommen Traktoren ab 2024*. Verfügbar unter: <https://www.agrarheute.com/technik/traktoren/john-deere-diese-neuheiten-bekommen-traktoren-ab-2024-605373>
- Goli, A., Zare, H. K., Tavakkoli-Moghaddam, R. & Sadeghieh, A. (2019). Application of robust optimization for a product portfolio problem using an invasive weed optimization algorithm. *Numerical Algebra, Control and Optimization*, 9(2), 187–209.
- Göpfert, I., Schulz, M. & Wellbrock, W. (2017). Trends in der Automobillogistik. In I. Göpfert, D. Braun & M. Schulz (Hrsg.), *Automobillogistik* (S. 1–26). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-11103-8_1
- Graner, M. (2016). Are Methods the Key to Product Development Success? An Empirical Analysis of Method Application in New Product Development. In A. Chakrabarti & U. Lindemann (Hrsg.), *Impact of Design Research on Industrial Practice* (S. 23–43). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19449-3_2
- Greve, E. & Krause, D. (Hrsg.). (2018). *An Assessment of Methods to Support the Design of Future Robust Modular Product Architectures* (Design Conference Proceedings): Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Croatia; The Design Society, Glasgow, UK.
- Greve, E., Rennpferdt, C., Hartwich, T. & Krause, D. (2019). Determination of Future Robust Product Features for Modular Product Family Design. In *Volume 14: Design, Systems, and Complexity*. American Society of Mechanical Engineers.
- Gruber Thomas R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing, *International Journal of Human-Computer Studies*,, 907–928. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1006/ijhc.1995.1081>.
- Guarino, N. (1997). Understanding, building and using ontologies. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46(2-3), 293–310. <https://doi.org/10.1006/ijhc.1996.0091>

- Hahn, D. (2006). Zweck und Entwicklung der Portfolio-Konzepte in der strategischen Unternehmungsplanung. In D. Hahn & B. Taylor (Hrsg.), *Strategische Unternehmungsplanung — Strategische Unternehmungsführung* (S. 215–248). Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/3-540-30763-X_11
- Hannila, H., Koskinen, J., Harkonen, J. & Haapasalo, H. (2020). Product-level profitability. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(1), 214–237. <https://doi.org/10.1108/JEIM-05-2019-0127>
- Hannila, H., Kuula, S., Harkonen, J. & Haapasalo, H. (2020). Digitalisation of a company decision-making system: a concept for data-driven and fact-based product portfolio management. *Journal of Decision Systems*. <https://doi.org/10.1080/12460125.2020.1829386>
- Hannila, H., Silvola, R., Harkonen, J. & Haapasalo, H. (2022). Data-driven Begins with DATA; Potential of Data Assets. *Journal of Computer Information Systems*, 62(1), 29–38. <https://doi.org/10.1080/08874417.2019.1683782>
- Hannila, H., Tolonen, A., Harkonen, J. & Haapasalo, H. (2019). Product and supply chain related data, processes and information systems for product portfolio management. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 12(1), 1–19. <https://doi.org/10.1504/IJPLM.2019.104352>
- Harkonen, J., Haapasalo, H. & Hanninen, K. (2015). Productisation: A review and research agenda. *Int. J. Prod. Econ.*, (vol. 164), 65–82. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.024>
- Harkonen, J., Tolonen, A. & Haapasalo, H. (2017). Service productisation: Systematising and defining an offering. *Journal of Service Management*, (vol. 28, no. 5), 936–971. <https://doi.org/10.1108/JOSM-09-2016-0263>
- Hauschildt, J. & Gemünden, H. G. (2011). Dimensionen der Innovation. In S. Albers P. & O. Gassmann (Hrsg.), *Handbuch Technologie- und Innovationsmanagement* (S. 21–38). Wiesbaden: Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-6746-6_2
- Helmerts, E. (2015). *Die Modellentwicklung in der deutschen Autoindustrie: Gewicht contra Effizienz*. Trier: Fachbereich Umweltplanung/Umwelttechnik.

Hennes, N. (2003). Machine Tools For Future Oriented Production. *Transactions on Engineering Sciences vol 44*.

Henzler, H. A. (2014). *Handbuch Strategische Führung*. Galber-Verlag.

Herstatt, C. & Verworn, B. (op. 2007). *Management der frühen Innovationsphasen. Grundlagen - Methoden - neue Ansätze* (2., überarb. und erw. Aufl.). Wiesbaden: Gabler.

Hiemer, T. P. (2025). *Erarbeitung eines Schulungskonzepts zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios auf Basis des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung. Development of a training concept for the resilient advancement of product portfolios based on the Model of SGE - System Generation Engineering*. Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

Hirschter, T., Heitger, N., Fahl, J., Mandel, C., Marthaler, F., Walter, B. et al. (2018). Zukunftsorientierte PGE – Produktgenerationsentwicklung: Ein Ansatz zur systematischen Überführung von Szenarien in Produktprofile in der Frühen Phase der PGE. In J. Gausemeier, W. Bauer & R. Dumitrescu (Hrsg.), *14. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 385)*. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.

Iwanek, P. (2016, 22. Dezember). *Systematik zur Steigerung der Intelligenz mechatronischer Systeme im Maschinen- und Anlagenbau*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.

Jacobs, M. A. & Swink, M. (2011). Product portfolio architectural complexity and operational performance: Incorporating the roles of learning and fixed assets. *Journal of Operations Management*, 29(7-8), 677–691.
<https://doi.org/10.1016/j.jom.2011.03.002>

Jiang, L. & Allada, V. (2005). Robust modular product family design using a modified Taguchi method. *Journal of Engineering Design*, 16(5), 443–458.
<https://doi.org/10.1080/09544820500287359>

Jiao, J. & Zhang, Y. (2005). Product portfolio planning with customer-engineering interaction. *IIE Transactions*, 37(9), 801–814.
<https://doi.org/10.1080/07408170590917011>

John Deere. (2024). *Unternehmenswebsite*. Verfügbar unter:
<https://www.deere.de/de-de>

Jonas, H. (2014). *Eine Methode zur strategischen Planung modularer Produktprogramme*. Dissertation. Technischen Universität Hamburg-Harburg, Hamburg-Harburg.

Jonas, H. & Krause, D. (2011). Strategic planning for modular product families. In *DS 68-4: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11). Impacting Society through Engineering Design* (4. Aufl., pp. 112–121). Retrieved from
https://www.designsociety.org/publication/30537/strategic_planning_for_modular_product_families

Jugend, D. & Da Silva, S. L. (2014). Product-portfolio management: A framework based on methods, organization, and strategy. *Concurrent Engineering Research and Applications*, 22(1), 17–28.
<https://doi.org/10.1177/1063293X13508660>

Jugend, D., Da Silva, S. L., Salgado, M. H. & Leoni, J. N. (2015). Decision making in the product portfolio: Methods adopted by Brazil's innovative companies. *DYNA (Colombia)*, 82(190), 208–213.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.43916>

Jugend, D., Da Silva, S. L., Salgado, M. H. & Miguel, P. (2016). Product portfolio management and performance: Evidence from a survey of innovative Brazilian companies. *Journal of Business Research*, 69(11), 5095–5100.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.086>

Jugend, D. & Leoni, J. N. (2015). Product Portfolio Management in Brazilian Technology-based Companies: Case Studies in Medium and Large Companies. *Procedia Manufacturing*, 3, 6528–6535.

Just, M. (2023). *Erweiterung eines Beschreibungsmodells zur Weiterentwicklung von Produktportfolios auf Basis des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung*. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

Kaiser, D. (2024). *Produktionsorientierte Potenzialfindung bei Henke-Sass, Wolf GmbH basierend auf einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung*

von *Produktportfolios*. Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

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., S. 39–48).

Kaufmann, T. (2024). *Strategiewerkzeuge aus der Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-68897-7>

Knecht, S., Schlegel, M., Kempf, C. & Albers, A. 2024. *Developing a Thermal Design Optimization Method Based on the Model of SGE – System Generation Engineering*. <https://doi.org/10.5445/IR/1000178092>

Kögler, T. (2023). *Erarbeitung eines Vorgehensmodells für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktionssystemen. Development of a procedure model for the future-proof development of production systems*. Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

Kohlborn, T., Fietl, E., Korthaus, A. & Rosemann, M. (2009). Towards a service portfolio management framework. *Evolving Boundaries and New Frontiers: Defining the IS Discipline : Proceedings of the 20th Australasian Conference on Information Systems , 2-4 December 2009, Monash University, Melbourne, Victoria*.

Köster, O. (2013, 19. Dezember). *Systematik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen in der Produktentstehung*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.

Kotler, P., Keller, K. L. & Opresnik, M. O. (2017). *Marketing-Management Konzepte-Instrumente-Unternehmensfallstudien*. Pearson Deutschland. Verfügbar unter: <https://elibrary.pearson.de/book/99.150005/9783863267742>

Kraiczky, N. D., Hack, A. & Kellermanns, F. W. (2014). New product portfolio performance in family firms. *Journal of Business Research*, 67(6), 1065–1073. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.06.005>

Kramer, D. M., Wells, R. P., Carlan, N., Aversa, T., Bigelow, P. P., Dixon, S. M. et al. (2013). Did you have an impact? A theory-based method for planning and evaluating knowledge-transfer and exchange activities in occupational health

and safety. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* : JOSE, 19(1), 41–62. <https://doi.org/10.1080/10803548.2013.11076965>

Kranich, M. (2025). *Erweiterung und Validierung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios*. Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

Kraus, S., Breier, M. & Dasí-Rodríguez, S. (2020). The art of crafting a systematic literature review in entrepreneurship research. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16(3), 1023–1042. <https://doi.org/10.1007/s11365-020-00635-4>

Krause, D. & Gebhardt, N. (2018). *Methodische Entwicklung modularer Produktfamilien. Hohe Produktvielfalt beherrschbar entwickeln*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag GmbH. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53040-5>

Krause, D. & Gebhardt, N. (2023). *Methodical Development of Modular Product Families*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-65680-8>

Krause, D., Hartwich, T. S. & Rennpferdt, C. (Hrsg.). (2020). *Produktentwicklung und Konstruktionstechnik. Forschungsergebnisse und -projekte der Jahre 2016 bis 2020* (Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Bd. 19). Berlin: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-72131-5>

Krehmer, H., Meerkamm, H. & Wartzack, S. (2009). The Product's Degree of Maturity as a Measurement for the Efficiency of Design Iterations. *DS 58-3: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Vol. 3, Design Organization and Management, Palo Alto, CA, USA, 24.-27.08.2009*.

Kreilkamp, E. (2010). *Strategisches Management und Marketing: Markt- und Wettbewerbsanalyse, Strategische Frühaufklärung, Portfolio-Management* (Marketing-Management). de Gruyter. Verfügbar unter: <https://books.google.de/books?id=PUSdzfb82XMC>

Kreimeyer, M., Seidenschwarz, W. & Rehfeld, M. (2021). Produktplanung. In B. Bender & K. Gericke (Hrsg.), *Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung* (S. 97–135). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57303-7_5

- Kuffer, F. & Brecht, L. (2012). Managing product variety decisions for sustainable profitability in B2B industries. *International Journal of Technology Marketing*, 7(3), 287–305. <https://doi.org/10.1504/IJTMKT.2012.048125>
- Kühn, A. T. (2016, 27. Oktober). *Systematik zur Release-Planung intelligenter technischer Systeme*. Dissertation. Universität Paderborn.
- Kunert, F. (2024). *Validierung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios anhand einer Fallstudie Validation of a systematic for future-robust product portfolio development based on a case study*. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Kutsch, E., Ward, J., Hall, M. & Alger, J. (2015). The Contribution of the Project Management Office: A Balanced Scorecard Perspective. *Producao*, 26(1), 190–202. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.134313>
- Lahtinen, N., Mustonen, E. & Harkonen, J. (2021). Commercial and Technical Productization for Fact-Based Product Portfolio Management over Lifecycle. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 68(6), 1826–1838. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2932974>
- Lange, R. T. (2011). Inter-rater Reliability. In J. S. Kreutzer, J. DeLuca & B. Caplan (Hrsg.), *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology* (S. 1348). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3_1203
- Langenberg, K. U., Seifert, R. W. & Tancrez, J.-S. (2012). Aligning supply chain portfolios with product portfolios. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 500–513. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.08.032>
- Lehner, A.-C. (2016, 23. August). *Systematik zur lösungsmusterbasierten Entwicklung von Frugal Innovations*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn. Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:2-26885>
- Lehner, M. (2014, 20. Januar). *Verfahren zur Entwicklung geschäftsmodell-orientierter Diversifikationsstrategien*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.

- Li, Y.-M., Chen, H.-M., Liou, J.-H. & Lin, L.-F. (2014). Creating social intelligence for product portfolio design. *Decision Support Systems*, 66, 123–134.
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.06.013>
- Lin, C.-Y., Kilicay-Ergin, N. H. & Okudan, G. E. (2011). Agent-based Modeling of Dynamic Pricing Scenarios to Optimize Multiple-generation Product Lines with Cannibalization. *Procedia Computer Science*, 6, 311–316.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.08.057>
- Lin, C.-Y. & Kremer, G. E. O. (2014). Strategic decision making for multiple-generation product lines using dynamic state variable models: The cannibalization case. *Computers in Industry*, 65(1), 79–90.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.07.010>
- Lin, C.-Y. & Okudan, G. E. (2013). Planning for multiple-generation product lines using dynamic variable state models with data input from similar products. *Expert Systems with Applications*, 40(6), 2013–2022.
<https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2012.10.022>
- Lindemann, U. & Baumberger, G. C. (2006). *Individualisierte Produkte — Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion* (SpringerLink Bücher). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Lohmeyer, Q. (2013). Menschzentrierte Modellierung von Produktentstehungssystemen unter besonderer Berücksichtigung der Synthese und Analyse dynamischer Zielsysteme. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 59). Karlsruhe.
<https://doi.org/10.5445/IR/1000035102>
- Luft, T. J. (2022). Komplexitätsmanagement in der Produktentwicklung: Holistische Modellierung, Analyse, Visualisierung und Bewertung komplexer Systeme.
<https://doi.org/10.25593/978-3-96147-541-4>
- Luo, L. (2011). Product Line Design For Consumer Durables: An Integrated Marketing And Engineering Approach. *Journal Of Marketing Research*, (48), 128–139. <https://doi.org/10.1509/jmkr.48.1.128>
- Luttikhuis, E. O., Lange, J. de, Lutters, E. & Klooster, R. ten. (2015). Evolving Product Information in Aligning Product Development Decisions across

Disciplines. *Procedia CIRP*, 29, 573–578.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.049>

Ma, S. (2016). A nonlinear bi-level programming approach for product portfolio management. *SpringerPlus*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2421-0>

Mäkinen, S. J. & Vilkkö, M. K. (2014). Product portfolio decision-making and absorptive capacity: A simulation study. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 32, 60–75.
<https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2013.09.004>

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77–91.
Verfügbar unter:
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:bla:jfinan:v:7:y:1952:i:1:p:77-91>

Marthaler, F. (2021). Zukunftsorientierte Produktentwicklung – Eine Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau. Dissertation. In A. Albers & S. Matthiesen (Hrsg.), *Forschungsberichte des IPEK - Institut für Produktentwicklung. Systeme, Methoden, Prozesse* (Bd. 137). Karlsruhe.
<https://doi.org/10.5445/IR/1000134977>

Marthaler, F., Gesk, J. W., Siebe, A. & Albers, A. (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. *Procedia CIRP*, 91, 883–892. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.245>

Marthaler, F., Heimicke, J., Ou, J., Reiss, N., Bursac, N. & Albers, A. (2019). InnoBandit 2.0: A Systematic Approach to Scenario-Based Product Profile Generation in PGE – Product Generation Engineering. *Procedia CIRP*, 84, 790–797. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.313>

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, S. 3641–3650).

- Marthaler, F., Stehle, 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 N. H. Mortensen, C. Hansen & M. Deininger (Hrsg.), *DS 101: Proceedings of NordDesign 2020, Lyngby, Denmark, 12th - 14th August 2020*. NordDESIGN.
- Martin, M. V. & Ishii, K. (2002). Design for variety: developing standardized and modularized product platform architectures. *Research in Engineering Design*, 13(4), 213–235. <https://doi.org/10.1007/s00163-002-0020-2>
- Marxen, L. & Albers, A. (2012). Supporting Validation in the Development of Design Methods. In *Proceedings of DESIGN 2012 - the 12th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia, May 21-24, 2012*. Ed.: D. Marjanovic (Bd. 3, S. 1009–1018). University of Zagreb, Zagreb.
- Massmann, M., Meyer, M., Dumitrescu, R., von Enzberg, S., Frank, M., Koldewey, C. et al. (2019). Significance and Challenges of Data-driven Product Generation and Retrofit Planning. *29th CIRP Design Conference*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.226>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Verlag. Verfügbar unter: <http://d-nb.info/1063369835/04>
- Mayring, P. & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 633–648). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42
- McNally, R. C., Durmuşoğlu, S. S. & Calantone, R. J. (2013). New product portfolio management decisions: Antecedents and consequences. *Journal of Product Innovation Management*, 30(2), 245–261. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2012.00997.x>
- Meiren, T. & Barth, T. (2002). *Service Engineering in Unternehmen umsetzen – Leitfaden für die Entwicklung von Dienstleistungen*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

- Meluso, J., Austin-Breneman, J. & Uribe, J. (2020). Estimate Uncertainty: Miscommunication About Definitions of Engineering Terminology. *Journal of Mechanical Design*, 142(7). <https://doi.org/10.1115/1.4045671>
- Meyer, M., Schlegel, M., Hemkentokrax, J.-P., Koldewey, C., Tröster, P. M., Rapp, S. et al. (2025). Holistic Product Portfolio Evolution. How Do Product Portfolios Evolve Holistically? Insights From Large Manufacturing Companies. *IEEE TEMS 2025 (In Einreichung)*.
- Meyer, M., Tröster, P. M., Hemkentokrax, J.-P., Schlegel, M., Kling, C., Koldewey, C. et al. (2021). Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios: Erkenntnisse und Handlungsbedarfe aus der Praxis. In J. Gausemeier, W. Bauer & R. Dumitrescu (Hrsg.), *16. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung* (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 400). Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.
- Mikkola, J. H. (2001). Portfolio management of R&D projects: implications for innovation management. *Technovation*, 21(7), 423–435. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(00\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00062-6)
- Mittag, T. (2019, 10. April). *Systematik zur Gestaltung der Wertschöpfung für digitalisierte hybride Marktleistungen*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.
- Modhvardia, A. (2025). *Transfer einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios in die Unternehmensanwendung*. Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Müller, M. (2024). *Synthetisierung und Evaluation einer konsistenten Systematik für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produkten und Produktportfolios. Synthesizing and evaluating a consistent systematic for the future-proof development of products and product portfolios*. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Müller, S. & Haase, K. (2016). On the product portfolio planning problem with customer-engineering interaction. *Operations Research Letters*, 44(3), 390–393. <https://doi.org/10.1016/j.orl.2016.03.013>
- Nitsche, A.-M., Forkel, E. & Schumann, C.-A. (2019). Challenges and Opportunities of Interoperable and Future-Oriented Technologies for

Production Logistics and Supply Chain Management. *The British Academy of Management (BAM)*. Verfügbar unter: <http://www.bam.ac.uk/>

OECD, E. U. (2018). *The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation – 4th Edition*.

Oliveira, M. G. & Rozenfeld, H. (2010). Integrating technology roadmapping and portfolio management at the front-end of new product development. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1339–1354.

Orbach, Y. & Fruchter, G. E. (2011). Forecasting sales and product evolution: The case of the hybrid/electric car. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(7), 1210–1226. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.03.018>

Oster, S., Reneberg, M. & Hofmann, F. (2014). The strategic variant management – Product portfolio optimization through systematic variant handling. *ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 109(11), 825–829. <https://doi.org/10.3139/104.111231>

Parasuraman, A. (1997). Reflections on Gaining Competitive Advantage through Customer Value. *Journal of the Academy of Marketing Science*, (25 (2)), 154–161.

Pastewski, N. (2011). *Ein Verfahren zur ressourceneffizienzorientierten Produktweiterentwicklung unter Einsatz emergenter Technologien*. Dissertation. Universität Stuttgart, Stuttgart. <https://doi.org/10.18419/opus-6779>

Peglow, N., Powelske, J., Birk, C., Albers, A. & Bursac, N. (2017). Systematik zur Differenzierung von Varianten im Kontext der PGE – Produktgenerationsentwicklung. 15. *Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2017*. Verfügbar unter: <https://www.researchgate.net/publication/322145031>

Peitz, C. (2014, 17. Dezember). *Systematik zur Entwicklung einer produktlebenszyklusorientierten Geschäftsmodell-Roadmap*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.

Pfaff, F., Schlegel, M., Völk, T. A., Reinheckel, K. T. & Albers, A. (2024). Using product profiles for retrospective case studies in SGE – system generation

engineering. *Proceedings of the Design Society*, 4, 2695–2704.
<https://doi.org/10.1017/pds.2024.272>

Philbin, S. (2008). Process model for university-industry research collaboration. *European Journal of Innovation Management*, 11(4), 488–521.
<https://doi.org/10.1108/14601060810911138>

Pimpler, T. U. & Eppinger, S. (1994). Integration analysis of product decompositions. *ASME design theory and methodology conference, Minneapolis*, 343–351.

Plewa, C., Korff, N., Johnson, C., Macpherson, G., Baaken, T. & Rampersad, G. C. (2013). The evolution of university–industry linkages—A framework. *Journal of Engineering and Technology Management*, 30(1), 21–44. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2012.11.005>

Pommerer, E. (2023). *Produkte von morgen in Generationen entwickeln – Erarbeitung eines Leitfadens zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produkten und Produktportfolios*. Bachelorarbeit. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe.

Pons. (2025). *Textübersetzung*. Verfügbar unter:
<https://de.pons.com/%C3%BCbersetzung-2/latein-deutsch/innovatio>

Porter, M. E. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. Porter, M.E. (1980) *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*, 52nd ed., Free Press, New York. 52nd ed., Free Press, New York.

Rajalo, S. & Vadi, M. (2017). University-industry innovation collaboration: Reconceptualization. *Technovation*, 62-63, 42–54.
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.04.003>

Randall, T. & Ulrich, K. (2001). Product variety, supply chain structure, and firm performance: analysis of the U.S. bicycle industry. *Management Science*, (Vol. 47, No. 12), 1588–1604.

Ravn, P. M., Gudlaugsson, T. V. & Mortensen, N. H. (2016). A multi-layered approach to product architecture modeling: Applied to technology prototypes.

Concurrent Engineering Research and Applications, 24(1), 3–16.
<https://doi.org/10.1177/1063293X15590843>

Reymann, F. (2012, 30. November). *Verfahren zur Strategieentwicklung und -umsetzung auf Basis einer Retropolation von Zukunftsszenarien*. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.

Rodado, D. N., Escobar, J. W., García-Cáceres, R. G. & Niebles Atencio, F. A. (2016). A mathematical model for the product mixing and lot-sizing problem by considering stochastic demand. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 8(2), 237–250. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2016.9.003>

Ropohl, G. (1979). *Eine Systemtheorie der Technik: Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

Ropohl, G. (2009). *Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik*. Universitätsverlag Karlsruhe. <https://doi.org/10.5445/KSP/1000011529>

Rupp, M. (1988). *Produkt-, Markt-Strategien- Handbuch zur marktsicheren Produkt- und Sortimentsplanung in Klein- und Mittelunternehmungen der Investitionsgüterindustrie*. Zürich: Industrielle Organisation.

Sadeghi, A. & Zandieh, M. (2011). A game theory-based model for product portfolio management in a competitive market. *Expert Syst Appl* 38, 7919–7923. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.11.054>

Salovaara, A. & Mannonen, P. (2005). Use of Future-Oriented Information in User-Centered Product Concept Ideation. In M. F. Costabile & F. Paternò (Hrsg.), *Human-Computer Interaction - INTERACT 2005* (Lecture notes in computer science, Bd. 3585, S. 727–740). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/11555261_58#citeas

Samet, R. H. (2011). Exploring the future with complexity science: The emerging models. *Futures*, 43(8), 831–839. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.05.025>

Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students* (Eighth edition). Harlow England, London, New York, Ann Arbor: Pearson; ProQuest Ebook Central.

Schicker, G. & Strassl, J. (2019). Produktportfolio-Management im Zeitalter der Digitalisierung. *Weidener Diskussionspapiere*, (69).

Schlegel, M. (2026a). *Leitfaden zur Zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Der Datensatz umfasst die drei Erarbeitungsstufen des Leitfadens zur Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Enthalten ist zu jeder Erarbeitungsstufe ist eine Übersicht über den Leitfaden, die zugrundeliegenden Folien in bearbeitbarere Form sowie ein exemplarischer Durchlauf durch den Leitfaden.* Karlsruhe (Forschungsdaten).

Schlegel, M. (2026b). *Ontologie zur Zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Der Datensatz umfasst die Ontologie zur strategischen Produktplanung, die Ontologie des Modells der SGE - Systemgenerationsentwicklung sowie die Gesamtontologie zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios.* Karlsruhe (Forschungsdaten).

Schlegel, M., Just, M., Pfaff, F., Wiederkehr, I., Koldewey, C., Kempf, C. et al. (2024). Future Robust Product Portfolio Development: Modelling Innovation Potentials in Product Portfolios. *Procedia CIRP - 34th CIRP Design Conference*, (128), 555–560. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.03.036>

Schlegel, M., Just, M., Wiederkehr, I., Thümmel, C., Kempf, C., Koldewey, C. et al. (2024). Future-robust product portfolio development: insights into the advancement of product portfolios in companies – an interview study. *Proceedings of the Design Society*, 4, 745–754. <https://doi.org/10.1017/pds.2024.77>

Schlegel, M., Kempf, C., Pfaff, F. & Albers, A. (2025). Evaluation of a Descriptive Approach for Product Portfolio Modeling – A No-Success Story and What we can Learn From it. *35th CIRP Design 2025*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.08.176>

Schlegel, M., Kempf, C., Thümmel, C. & Albers, A. (2025). Validating a process model for future-robust product portfolios - two cases. *Proceedings of the Design Society, Volume 5: ICED25, August 2025*, pp. 3371 - 3380. <https://doi.org/10.1017/pds.2025.10351>

Schlegel, M., Modhvardia, A., Willerscheid, J., Kempf, C. & Albers, A. (2025). How to Transfer Innovation Management Methods to Corporate Practice.

International Journal of Innovation Management, 29(09n10).
<https://doi.org/10.1142/S1363919625400262>

Schlegel, M., Müller, M., Kempf, C., Wiederkehr, I., Koldewey, C., Albers, A. et al. (2024). How to Derive Innovation Potentials Advancing the Product Portfolio? XXXV ISPIIM Innovation Conference, Tallin, Estonia, (ISBN 978-952-65069-6-8).

Schlegel, M., Pommerer, E., Kempf, C., Wiederkehr, I., Koldewey, C., Dumitrescu, R. et al. (2024). Developing a Process Model for Future-Robust Advancement of Product Portfolios. In J. Malmqvist, M. Candi, R. J. Sæmundsson, F. Byström & O. Isaksson (Hrsg.), *Proceedings of NordDesign 2024* (S. 460–469). The Design Society.

Schlegel, M., Wiederkehr, I., Rapp, S., Koldewey, C., Albers, A. & Dumitrescu, R. (2023a). Design of a Descriptive Model for Product Portfolio Evolution Based on the Model of SGE – System Generation Engineering. In C. C. Medina (Hrsg.), *Responsible and Responsive Innovation for a Better Future* .

Schlegel, M., Wiederkehr, I., Rapp, S., Koldewey, C., Albers, A. & Dumitrescu, R. (2023b). Future-robust evolution of product portfolios: Need for action from theory and practice. *56th CIRP Conference on Manufacturing Systems, CIRP CMS '23, South Africa, 2023*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.077>

Schlegel, M., Wiederkehr, I., Rapp, S., Koldewey, C., Albers, A. & Dumitrescu, R. (2023c). Ontology for Future-robust Product Portfolio Evolution: A Basis for the Development of Models and Methods. *Procedia CIRP*, (119), 764–769.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.01.017>

Schliffka, K. (2023). *Entwicklung eines Vorgehensmodells für die Identifikation und Bewertung relevanter Einflüsse auf das Produktportfolio. Development of a process model for the identification and evaluation of relevant influences on the product portfolio*. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

Schneider, T., Fritz, M., Herberg, A. & Kreimeyer, M. (2017). Marktorientierte Variantenplanung als Grundlage der Produktentwicklung. In H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer, D. Spath & D. Roth (Hrsg.), *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung SSP 2017*. Stuttgart: Fraunhofer IAO.

- Schuh, G. (2005). *Produktkomplexität managen. Strategien · Methoden · Tools* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Schuh, G. & Riesener, M. (2017). Produktkomplexität managen. In G. Schuh & M. Riesener (Hrsg.), *Produktkomplexität managen* (S. I–XVI). München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. <https://doi.org/10.3139/9783446453340.fm>
- Schuh, G., Schultze, W., Schiffer, M., Rieger, A., Rudolf, S. & Lehbrink, H. (2014). Scenario-based determination of product feature uncertainties for robust product architectures. *Production Engineering*, 8(3), 383–395. <https://doi.org/10.1007/s11740-014-0532-4>
- Schuh, G., Wentzel, D., Riesener, M., Koch, J., Erkin, A. & Zeller, P. (2016). Bestimmung der kundennutzenoptimalen Produktvielfalt produzierender Unternehmen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111(11), 700–704. <https://doi.org/10.3139/104.111620>
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development. An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle* (R. Opie, Übers.) (Harvard economic studies, vol. XLVI). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Seo, W., Yoon, J., Park, H., Coh, B.-Y., Lee, J.-M. & Kwon, O.-J. (2016). Product opportunity identification based on internal capabilities using text mining and association rule mining. *Technological Forecasting and Social Change*, 105, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.01.011>
- Shafiee, S., Kristjansdottir, K. & Hvam, L. (2017). Automatic identification of similarities across products to improve the configuration process in ETO companies. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(3), 167–176. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2017-3-117>
- Shteinbrekher, D. K., Danko. (2018). Evaluation of knowledge management system for university-industry cooperation. *IEEE International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies*. <https://doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409217>
- 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>

Sodhi, M., Sharma, J., Singh, S. & Walia, A. (2013). A robust and forward-Looking industrial production indicator. *Economic and Political Weekly*, (48(48)), pp. 126-130.

Söllner, C. (2016). *Methode zur Planung eines zukunftsfähigen Produktportfolios. Procedure for the sustainable product portfolio planning*. Dissertation. Universität Paderborn.

Söllner, C., Gausemeier, J. & Rübelke, R. (2015). Planung und Monitoring eines zukunftsfähigen Produktportfolios. In J. Gausemeier (Hrsg.), *11. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung* (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 347). Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.

Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer Verlag.

Stammnitz, F., Schlegel, M., Pfaff, F. & Albers, A. (2023, 12. September). Proposal of a reference-based development of corporate strategies based on the model of SGE – System Generation Engineering. In *Proceedings of the FISITA - Technology and Mobility Conference Europe 2023*. UK: FISITA.

Stanko, M. A. & Bonner, J. M. (2013). Projective customer competence: Projecting future customer needs that drive innovation performance. *Industrial Marketing Management*, 42(8), 1255–1265.
<https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.05.016>

Stark, R. & Müller, P. (2012). HLB-Entwicklungsmethodik – generischer Entwicklungsprozess, Generierung von Anforderungen und Absicherung hybrider Leistungsbündel. In H. Meier & E. Uhlmann (Hrsg.), *Integrierte Industrielle Sach- und Dienstleistungen* (S. 37–60). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25269-3_3#citeas

Stirnemann, R. & Engelmann, D. (2017). Development of tractor engines in the past twenty years. *ATZoffhighway worldwide*, 10(4), 70–77.
<https://doi.org/10.1007/s41321-017-0051-2>

- Streib, T. (2024). *Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios – Modellierung von Auslösern und Wechselwirkungen im Produktportfolio*. Bachelorarbeit. KIT, Karlsruhe.
- Studer, R. & Ehrig, M. (Hrsg.). (2006). *Wissensvernetzung durch Ontologien. Semantic Web Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft* (X.media.press). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/3-540-29325-6>
- Suh, E. S., Weck, O. L. de & Chang, D. (2007). Flexible product platforms: framework and case study. *Research in Engineering Design*, 18(2), 67–89.
<https://doi.org/10.1007/s00163-007-0032-z>
- Takami, M. A., Sheikh, R. & Sana, S. S. (2016). Product portfolio optimisation using teaching–learning-based optimisation algorithm: a new approach in supply chain management. *International Journal of Systems Science: Operations and Logistics*, 3(4), 236–246.
<https://doi.org/10.1080/23302674.2015.1090642>
- Thümmel, C., Schlegel, M., Kübler, M., Schwarz, S., Siebe, A. & Albers, A. (2022). Foresight in Product Development - A Review on Existing Understandings and Approaches. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (S. 261–271). Michigan, USA: IEOM Society International.
- Tolonen, A., Harkonen, J. & Haapasalo, H. (2014). Product portfolio management-governance for commercial and technical portfolios over life-cycle. *Technol. Investment*, (vol. 5, no. 4), 173–183. <https://doi.org/10.4236/ti.2014.54016>
- Tolonen, A., Harkonen, J., Verkasalo, M. & Haapasalo, H. (2015). Product portfolio management process over horizontal and vertical portfolios. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 8(3), 189.
<https://doi.org/10.1504/ijplm.2015.074132>
- Tolonen, A., Kropsu-Vehkaperä, H. & Haapasalo, H. (2014). Product Portfolio Management – Current challenges and preconditions. *International Journal of Performance Measurement*, 4, 69–90.
- Tröster, P. M., Daiying, T., Schlegel, M., Rapp, S. & Albers, A. (2022). How to Combine Artifacts in Product Development for more Efficiency? In L. Bitetti

(ed.), *Proceedings of the XXXIII ISPIM Innovation Conference. Innovating in a digital world* (LUT scientific and expertise publications).

Uemura Reche, A. Y., Canciglieri Junior, O., Estorilio, C. C. A. & Rudek, M. (2020). Integrated product development process and green supply chain management: Contributions, limitations and applications. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119429. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119429>

Ulonska, S. & Welo, T. (2014). Product portfolio map: A visual tool for supporting product variant discovery and structuring. *Advances in Manufacturing*, 2(2), 179–191. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0077-y>

Ulonska, S. & Welo, T. (2016). On the use of product portfolio and variant maps as visualization tools to support platform-based development strategies. *Concurrent Engineering Research and Applications*, 24(3), 211–226. <https://doi.org/10.1177/1063293X16654531>

Urhahn, C. & Spieth, P. (2013). Governing portfolio management for innovative new product portfolios: A conceptual framework. *International Journal of Product Development*, 18(5), 377–394. <https://doi.org/10.1504/IJPD.2013.058448>

Verbano, C. & Nosella, A. (2010). Addressing R&D investment decisions: a cross analysis of R&D project selection methods. *European Journal of Innovation Management* 13(3), 355–380. <https://doi.org/10.1108/14601061011060166>

Verrolot, J., Tolonen, A., Harkonen, J. & Haapasalo, H. (2017). Strategic alignment of product portfolio and supplier management. *International Journal of Management and Enterprise Development*, 16(4), 337–364. <https://doi.org/10.1504/IJMED.2017.086913>

Vettorello, M., Eisenbart, B. & Ranscombe, C. (2022). The Innovation System Roadmap: A novel approach to instil futures-oriented reasoning in strategic decision making. *Creativity and Innovation Management*, 31(1), 5–18. <https://doi.org/10.1111/caim.12472>

Vollhardt, K. (2007). *Management von Markenportfolios. Gestaltung und Erfolgsauswirkungen aus Unternehmenssicht* (Forum Produkt- und Produktionsmanagement, 1. Aufl.). s.l.: DUV Deutscher Universitäts-Verlag. Verfügbar unter: <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=752040>

- Wall, M. (2015). *Systematik zur technologie-induzierten Produkt- und Technologieplanung*. Dissertation. Universität Paderborn. Verfügbar unter: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:2-24477>
- Walter, B., Albers, A., Haupt, F. & Bursac, N. (2016). Produktentwicklung im virtuellen Ideenlabor – Konzipierung und Implementierung eines Live-Lab. 27. DfX-Symposium 2016.
- Wan, X., Evers, P. T. & Dresner, M. E. (2012). Too much of a good thing: the impact of product variety on operations and sales performance. *Journal of Operations Management*, (Vol. 30, No. 4), 316–324.
- Weber, W., Kabst, R. & Baum, M. (2014). Gesellschaftliches, wirtschaftliches, rechtliches und technologisches Umfeld. In W. Weber, R. Kabst & M. Baum (Hrsg.), *Einführung in die Betriebswirtschaftslehre* (S. 35–77). Wiesbaden: Gabler Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-4677-5_2#citeas
- Webster, J. & Watson, R. T. (2002). Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii–xxiii. Verfügbar unter: <http://www.jstor.org/stable/4132319>
- Weidmann, D., Seibel, F., Becerril, L., Kattner, N., Lehr, J., Mortl, M. & Lindemann, U. (2018). Integration of Scenarios in Product-service System Development - Combining Scenarios, Use Cases and Requirements Traceability. *EEE International Conference on Industrial Engineering & Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607478>
- Wellner, K. (2003). *Entwicklung eines Immobilien-Portfolio-Management-Systems: Zur Optimierung von Rendite-Risiko-Profilen diversifizierter Immobilien-Portfolios*. Leipzig: Inst. für Immobilienmanagement.
- Wendt, S. (2013). *Strategisches Portfoliomanagement in dynamischen Technologiemarkten*. Wiesbaden: Gabler Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8349-4273-9>
- Wesner, E. (1977). *Die Planung von Marketing-Strategien auf der Grundlage des Modells des Produktlebenszyklus*. Berlin.

- Westermann, T. (2017). *Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus*. Dissertation. Universität Paderborn.
- Wheelwright, S. C., and K. B. Clark. (1992). *Creating Project Plans to Focus Product Development*. (Bd. 70, 2. Aufl.). Harvard Business Review.
- Wiederkehr, O., Dumitrescu, R. & Gausemeier, J. (2014). Der Entwicklungsauftrag als Basis für eine vorausschauende und systemorientierte Produktentstehung. In M. Maurer & S.-O. Schulze (Hrsg.), *Tag des Systems Engineering* (S. 121–132). München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
<https://doi.org/10.3139/9783446443761.013>
- Wynn, D. C., Eckert, C. & Clarkson, J. (2007). Modelling Iteration in Engineering Design. *International Conference on Engineering Design, ICED 07*.
- Yalcinkaya, G., Aktekin, T. & Yenyurt, S. (2020). Out with the old: A Bayesian approach to estimating product modification rates. *Journal of Business Research*, 118, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.06.044>
- Zahn, E. & Weidler, A. (1995). Integriertes Innovationsmanagement. In E. Zahn (Hrsg.), *Handbuch Technologiemanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Zhang, W. & He, Y. (2020). Optimal advance selling discount strategy with future-oriented consumers. *Managerial and Decision Economics*, 41(3), 308–320.
<https://doi.org/10.1002/mde.3101>
- Zimmermann, S. (2008). IT-Portfoliomanagement – Ein Konzept zur Bewertung und Gestaltung von IT. *Informatik-Spektrum*, 31(5), 460–468.
<https://doi.org/10.1007/s00287-007-0224-y>

Studentische Abschlussarbeiten die im Kontext dieser Dissertation am IPEK – Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) vom Autor Co-betreut wurden:

Augspurger Hernandez & Hans Thomas. (2023). Weiterentwicklung von Prozessen und Methoden des Varianten- und Gleichteilemanagements sowie Konzeption eines unterstützenden IT-Tools am Beispiel der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG. Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

Aydemir, B. (2023). Systematische Literaturrecherche zur Beschreibung und Weiterentwicklung von Produktportfolios. Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

Eckert, M. (2024). Entwicklung einer Systematik zur Ableitung von Innovationspotenzialen zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

Emerson, C. (2023). Development of a Descriptive Model Correlating Changes in Customer Needs to a Corresponding Change in a Company's Product Portfolio. Entwicklung eines deskriptiven Modells, das Veränderungen der Kundenbedürfnisse mit einer entsprechenden Veränderung des Produktportfolios eines Unternehmens in Beziehung setzt. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

Fahnenstich, J. (2024). Weiterentwicklung und Validierung eines Leitfadens zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Development and validation of a guideline for the future-resilient advancement of product portfolios. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

Fernandez Muniz, M. T. (2025). KI in der Produktentwicklung - Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der strategischen Produktplanung auf Basis des Modells der SGE - Systemgenerationsentwicklung. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

- Gärtner, A. D. (2022). Entwicklung eines Modells zur Beschreibung der Produktportfolioentwicklung auf Basis der SGE - Systemgenerationsentwicklung. Masterarbeit. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe.
- Götzmann, M. (2023). Ein Beitrag zur Adaption von Methoden der strategischen Produktplanung in das Modell der SGE - Systemgenerationsentwicklung. A Contribution to the Adaptation of Strategic Product Planning Methods to the Model of SGE - System Generation Engineering. Bachelorarbeit. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe.
- Hesse, C. (2023). Initiales Vorgehensmodell für die Weiterentwicklung von Produktportfolios im Hinblick auf die Entdeckung und Bewertung von Innovation Potentialen. Sperrvermerk. Bachelorarbeit. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe.
- Hiemer, T. P. (2025). Erarbeitung eines Schulungskonzepts zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios auf Basis des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung. Development of a training concept for the resilient advancement of product portfolios based on the Model of SGE - System Generation Engineering. Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Just, M. (2023). Erweiterung eines Beschreibungsmodells zur Weiterentwicklung von Produktportfolios auf Basis des Modells der SGE – Systemgenerationsentwicklung. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Kaiser, D. (2024). Produktionsorientierte Potenzialfindung bei Henke-Sass, Wolf GmbH basierend auf einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Kögler, T. (2023). Erarbeitung eines Vorgehensmodells für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktionssystemen. Development of a procedure model for the future-proof development of production systems. Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Kranich, M. (2025). Erweiterung und Validierung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

- Kull, P. (2025). Variations- und Planungsänderungen im Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung Erhebung von Produktentwicklungsdaten im Live Lab Generationsübergreifende Blechkonstruktion (GSD). Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Kunert, F. (2024). Validierung einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios anhand einer Fallstudie Validation of a systematic for future-robust product portfolio development based on a case study. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Linz, A. (2025). KI in der Produktentwicklung: Untersuchung zum Einsatz von KI in der referenzenbasierten Weiterentwicklung von Produkten und Systemen. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Modhvadia, A. (2025). Transfer einer Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios in die Unternehmensanwendung. Masterarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Müller, M. (2024). Synthetisierung und Evaluation einer konsistenten Systematik für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produkten und Produktportfolios. Synthesizing and evaluating a consistent systematic for the future-proof development of products and product portfolios. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Nusser, N. (2024). Erarbeitung einer Methodik zur Weiterentwicklung von Produktportfolios unter Anwendung multikriterieller Entscheidungsmethoden zur Ableitung von Handlungsempfehlungen basierend auf der SGE – Systemgenerationsentwicklung. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.
- Pommerer, E. (2023). Produkte von morgen in Generationen entwickeln – Erarbeitung eines Leitfadens zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produkten und Produktportfolios. Bachelorarbeit. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe.
- Schliffka, K. (2023). Entwicklung eines Vorgehensmodells für die Identifikation und Bewertung relevanter Einflüsse auf das Produktportfolio. Development of a process model for the identification and evaluation of relevant influences on the product portfolio. Bachelorarbeit. KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe.

- Schober, L. (2024). Analysis of innovation processes in companies and schematic development of individual process models depending on company characteristics. Master Thesis. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Streib, T. (2024). Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios – Modellierung von Auslösern und Wechselwirkungen im Produktportfolio. Bachelorarbeit. KIT, Karlsruhe.
- Walter, S. (2022). Übersicht von Methoden in der vorausschauenden Produktentwicklung – Zusammenhänge und Ansätze in der Produktentstehung. Bachelorarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.
- Zoorob, T. (2023). Erarbeitung eines Vorgehens zur Lieferantenkonsolidierung im Hinblick auf den Technologiewandel in der Automobilindustrie von den konventionellen Verbrennerfahrzeugen hin zu den Elektrofahrzeugen. Masterarbeit. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe.

Veröffentlichungen, die unter Mitautorenschaft des Autors dieser Forschungsarbeit entstanden sind:

Albers, A., H. Hahn, C., Brecht, P., Cetinkaya, Ü., Pfaff, F., Schlegel, M. et al. (2023). Digital Platform Business Model within the Model of SGE - System Generation Engineering: Definition and Classification in Cyber-Physical Systems. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Michigan, USA: IEOM Society International.

Albers, A., Hünemeyer, S., Kubin, A., Pfaff, F., Schlegel, M. & Rapp, S. (2023). Modeling Technical Systems in the Early Phase: Proposing a Formal Definition for the System Concept. Proceedings of the Design Society, 3, 2695–2704. <https://doi.org/10.1017/pds.2023.270>

Albers, A., Kübler, M., Thümmel, C., Tusch, L., Schlegel, M. & Seidler, M. (2025). Entwicklung nachhaltiger Systeme und Produkte – Kontinuierliche und zirkuläre Systemevolution mit dem Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung. In M. A. Weissenberger-Eibl (Hrsg.), Zukunftsgestalter Deutschlands. Pioniergeschichten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Albers, A., Marthaler, F., Schlegel, M., Thümmel, C., Kübler, M. & Siebe, A. (2022). Eine Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung: Generationsübergreifende Ableitung von Produktprofilen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau (KIT - Scientific Working Papers 186).

Albers, A., Thümmel, C., Schmidt, J., Schwarz, S. E., Schlegel, M., Siebe, A. et al. (2024). Understanding and definition of scanning and monitoring of the future space in the context of the product engineering process. Proceedings of the Design Society, 4, 363–372. <https://doi.org/10.1017/pds.2024.39>

Kempf, C., Schlegel, M., Rapp, S., Behdinan, K. & Albers, A. (2023). Reasons and Triggers Using Research Results in Corporate Product Engineering.

International Journal of Innovation Management.
<https://doi.org/10.1142/S1363919623400054>

- Kempf, C., Schlegel, M., Willerscheid, J., Behdinan, K. & Albers, A. (2024). Classification of Research Results to Support Knowledge and Technology Transfer into Corporate Product Engineering. In J. Malmqvist, M. Candi, R. J. Sæmundsson, F. Byström & O. Isaksson (Hrsg.), *Proceedings of NordDesign 2024* (S. 635–645). The Design Society.
- Knecht, S., Schlegel, M., Kempf, C. & Albers, A. 2024. Developing a Thermal Design Optimization Method Based on the Model of SGE – System Generation Engineering. <https://doi.org/10.5445/IR/1000178092>
- Meyer, M., Schlegel, M., Hemkentokrax, J.-P., Koldewey, C., Tröster, P. M., Rapp, S. et al. (2025). Holistic Product Portfolio Evolution. How Do Product Portfolios Evolve Holistically? Insights From Large Manufacturing Companies. *IEEE TEMS 2025* (In Einreichung).
- Meyer, M., Tröster, P. M., Hemkentokrax, J.-P., Schlegel, M., Kling, C., Koldewey, C. et al. (2021). Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios: Erkenntnisse und Handlungsbedarfe aus der Praxis. In J. Gausemeier, W. Bauer & R. Dumitrescu (Hrsg.), *16. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung (HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 400)*. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut.
- Pfaff, F., Schlegel, M., Völk, T. A., Reinheckel, K. T. & Albers, A. (2024). Using product profiles for retrospective case studies in SGE – system generation engineering. *Proceedings of the Design Society*, 4, 2695–2704. <https://doi.org/10.1017/pds.2024.272>
- Schlegel, M., Just, M., Pfaff, F., Wiederkehr, I., Koldewey, C., Kempf, C. et al. (2024). Future Robust Product Portfolio Development: Modelling Innovation Potentials in Product Portfolios. *Procedia CIRP - 34th CIRP Design Conference*, (128), 555–560. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.03.036>
- Schlegel, M., Just, M., Wiederkehr, I., Thümmel, C., Kempf, C., Koldewey, C. et al. (2024). Future-robust product portfolio development: insights into the advancement of product portfolios in companies – an interview study. *Proceedings of the Design Society*, 4, 745–754. <https://doi.org/10.1017/pds.2024.77>

- Schlegel, M., Kempf, C., Pfaff, F. & Albers, A. (2025). Evaluation of a Descriptive Approach for Product Portfolio Modeling – A No-Success Story and What we can Learn From it. 35th CIRP Design 2025.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2025.08.176>
- Schlegel, M., Kempf, C., Thümmel, C. & Albers, A. (2025). Validating a process model for future-robust product portfolios - two cases. Proceedings of the Design Society, Volume 5: ICED25, August 2025 , pp. 3371 - 3380.
<https://doi.org/10.1017/pds.2025.10351>
- Schlegel, M., Modhvardia, A., Willerscheid, J., Kempf, C. & Albers, A. (2025a). How to Transfer Innovation Management Methods to Corporate Practice. International Journal of Innovation Management, 29(09n10).
<https://doi.org/10.1142/S1363919625400262>
- Schlegel, M., Modhvardia, A., Willerscheid, J., Kempf, C. & Albers, A. (2025b). How to Transfer Innovation Management Methods to Corporate Practice. XXXVI ISPIM Innovation Conference,
- Schlegel, M., Müller, M., Kempf, C., Wiederkehr, I., Koldewey, C., Albers, A. et al. (2024). How to Derive Innovation Potentials Advancing the Product Portfolio? XXXV ISPIM Innovation Conference, Tallin, Estonia, (ISBN 978-952-65069-6-8).
- Schlegel, M., Pfaff, F., Rapp, S. & Albers, A. (2022). Implications of Creating Solution Concepts Based on the Use of References. Proceedings of the Design Society, 2, 781–790. <https://doi.org/10.1017/pds.2022.80>
- Schlegel, M., Pommerer, E., Kempf, C., Wiederkehr, I., Koldewey, C., Dumitrescu, R. et al. (2024). Developing a Process Model for Future-Robust Advancement of Product Portfolios. In J. Malmqvist, M. Candi, R. J. Sæmundsson, F. Byström & O. Isaksson (Hrsg.), Proceedings of NordDesign 2024 (S. 460–469). The Design Society.
- Schlegel, M., Schober, L., Kempf, C. & Albers, A. (2024). Exploring Innovation Processes: Mapping Models from Literature and Corporate Practice. ISPIM Connects Osaka – Connecting and Empowering Society, Osaka, Japan on 2-4 December 2024.

- Schlegel, M., Wiederkehr, I., Rapp, S., Koldewey, C., Albers, A. & Dumitrescu, R. (2023a). Design of a Descriptive Model for Product Portfolio Evolution Based on the Model of SGE – System Generation Engineering. In C. C. Medina (Hrsg.), *Responsible and Responsive Innovation for a Better Future* .
- Schlegel, M., Wiederkehr, I., Rapp, S., Koldewey, C., Albers, A. & Dumitrescu, R. (2023b). Future-robust evolution of product portfolios: Need for action from theory and practice. 56th CIRP Conference on Manufacturing Systems, CIRP CMS '23, South Africa, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.077>
- Schlegel, M., Wiederkehr, I., Rapp, S., Koldewey, C., Albers, A. & Dumitrescu, R. (2023c). Ontology for Future-robust Product Portfolio Evolution: A Basis for the Development of Models and Methods. *Procedia CIRP*, (119), 764–769. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.01.017>
- Stammnitz, F., Schlegel, M., Pfaff, F. & Albers, A. (2023, 12. September). Proposal of a reference-based development of corporate strategies based on the model of SGE – System Generation Engineering. In *Proceedings of the FISITA - Technology and Mobility Conference Europe 2023*. UK: FISITA.
- Thümmel, C., Schlegel, M., Kübler, M., Schwarz, S., Siebe, A. & Albers, A. (2022). Foresight in Product Development - A Review on Existing Understandings and Approaches. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (S. 261–271). Michigan, USA: IEOM Society International.
- Tröster, P. M., Daiying, T., Schlegel, M., Rapp, S. & Albers, A. (2022). How to Combine Artifacts in Product Development for more Efficiency? In L. Bitetti (ed.), *Proceedings of the XXXIII ISPIM Innovation Conference*. Innovating in a digital world (LUT scientific and expertise publications).
- Wiederkehr, I., Koldewey, C., Dumitrescu, R., Schlegel, M. & Albers, A. (2023). Bridging the Gap between. Product Innovation and Product Planning: A literature-based Conceptual Investigation. In I. Bitran, L. Bitetti, S. Conn, J. Fishburn, P. Ritala, M. Torkkeli et al. (Hrsg.), *Proceedings of the XXXIV ISPIM Innovation Conference* .
- Wiederkehr, I., Schlegel, M., Koldewey, C., Rapp, S., Dumitrescu, R. & Albers, A. (2023). Interacting Forces for a Resilient, Future-robust Evolution of Product Portfolios. Conference: 56th CIRP Conference on Manufacturing Systems, CIRP CMS '23A: South Africa.

Wiederkehr, I., Tissen, D., Koldewey, C., Dumitrescu, R., Schlegel, M. & Albers, A. (2023). A Reference Process Model for the Evolution of Product Portfolios. In 2023 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD) (S. 1–5)..

Anhang A

Weitere Ansätze aus der systematischen Literaturrecherche (Kapitel 5.2)

S. Müller und Haase (2016) entwickeln einen Ansatz von Jiao und Zhang (2005) weiter, um mit einem **heuristisch-genetischen Algorithmus** die Auswahl eines **optimalen Mixes von Produkten und Produktattributen**, welche dem Kunden angeboten werden, zu treffen. Der Fokus des Beitrags liegt auf Kundenpräferenzen und Auswahlwahrscheinlichkeiten sowie der daraus resultierenden mathematischen Formulierung. Es wird ein Maximierungsmodell für den geteilten Überschuss erarbeitet, welches sowohl die Kunden- als auch die Technikbelange aufgreift. Die Maximierung des geteilten Überschusses hat zum Ziel, den Konsumenten- und den Produzentenüberschuss gleichzeitig zu berücksichtigen. Der Konsumentenüberschuss ist in diesem Fall der Anteil, um den ein Produkt günstiger ist als die Kaufbereitschaft des Kunden. Der Produzentenüberschuss entspricht analog dem Anteil, um den der Verkauf über dem eigentlichen Kundenlimit liegt. (Jiao & Zhang, 2005; S. Müller & Haase, 2016)

Mäkinen und Vilko (2014) entwickeln ein **exploratives Systemdynamikmodell**, um zu untersuchen, wie das Aneignen von Wissen durch eine Organisation die Dynamik der Wissensverwertung beim innovativen Output beeinflusst. Dabei konnten zwei Hauptergebnisse generiert werden. Zum einen war es möglich, die Dynamik der Entwicklungspraxis mit der geschichtsreplizierenden Simulation abzubilden. Zum anderen zeigt die Simulationsstudie, dass Reaktionen auf externe Bedingungen, die zu Veränderungen im Produktportfolio führen, träge sind und ebenfalls lange brauchen, bis diese sich stabilisieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass Veränderungen in den Umweltbedingungen kurzfristig die Entscheidungsdynamik zugunsten eines ausgeglicheneren Produktportfolios beeinflussen. Langfristig kann jedoch eine zu starke Fokussierung auf kurzfristige Anpassungen die Innovationsfähigkeit schwächen. Dies ist zurückzuführen auf eine Verringerung des Potenzials zur Wissensaufnahme, was mit einer Latenz zu einer geringeren Umsetzung von Wissen führt. Die Studie betont die Notwendigkeit, kurzfristige Effizienz und langfristige Innovationsfähigkeit auszubalancieren. Eine zu starke Orientierung an kurzfristigen Entscheidungen kann langfristig zu strategischen Nachteilen führen. Gleichzeitig kann eine gewisse organisatorische Trägheit

vorteilhaft sein, da sie voreilig getroffene Entscheidungen abmildert. Die Simulationen zeigen zudem, dass Unternehmen häufig bestehenden Mustern in ihrer Branche folgen, was ihre strategische Flexibilität über längere Zeiträume einschränkt. Mäkinen und Vilkkö (2014) schlagen für künftige Forschung vor, sich mit den Mechanismen zu befassen, die Entscheidungsprozesse verbessern können. Dazu gehören Faktoren wie Entscheidungsdruck, organisatorische Trägheit und die Reaktionsgeschwindigkeit auf Veränderungen. (Mäkinen & Vilkkö, 2014)

Takami et al. (2016) entwickeln einen Ansatz für das Lieferkettenmanagement, welcher die Entscheidungen des Produktportfoliomanagements aufgreift. Mittels eines TLBO-Algorithmus (Teaching-Learning-Based Optimization) wird das Ziel des Ansatzes verfolgt, das Produktportfolio, die Produktionsrate und die Lieferrate gleichzeitig zu optimieren. An einem numerischen Beispiel wird die Optimierung durchgeführt. Durch die Simulation von verschiedenen Produktkombinationen zeigt sich, dass die Gestaltung des Produktportfolios einen Einfluss auf die Rentabilität des Lieferkettenmanagements hat. (Takami et al., 2016)

Schuh et al. (2016) haben eine Methode erarbeitet, um die **kundennutzenoptimale Produktvielfalt** in produzierenden Unternehmen zu bestimmen. Der Ansatz bietet eine holistische Grundlage zur Bestimmung der optimalen Anzahl an Varianten eines Produkts, welche ein Unternehmen am B2B-Markt anbieten sollte. Über eine Literaturrecherche wurden die fünf wichtigsten kundennutzentreibenden Attribute für Portfolios mit hoher Variantenanzahl herausgearbeitet und für jedes Attribut die ideale Anzahl an Varianten bestimmt. Diese Attribute sind Kundenexpertise, Kundenfokus, Innovationsfähigkeit, Produktqualität und Zuliefererflexibilität.

Bei dem Vorgehen zur Bestimmung der idealen Anzahl wird im ersten Schritt die Anzahl an Varianten des Unternehmens quantifiziert und klassifiziert. Die Variantenanzahl von „100 %“, in Abbildung A.1 kann als die Summe aus allen technisch möglichen und praktisch sinnvoll umsetzbaren Varianten gesehen werden. Die kundennutzenoptimale Tiefe liegt bei etwa 30 % der maximalen Gesamtheit an Varianten eines Produktes.

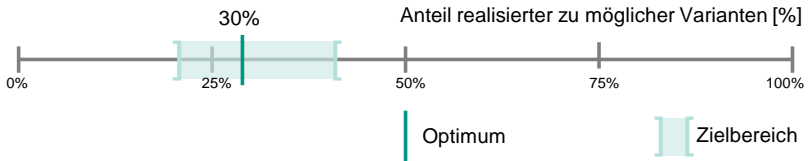


Abbildung A.1: Der Idealbereich an realisierten Varianten in Bezug auf die möglichen Varianten gibt einen Anhaltspunkt für die optimale Variantenanzahl in Produktportfolios. (Schuh et al., 2016)

Basierend auf der Abwägung der „100 %“- und der „30 %“-Marke können drei Fälle für die Weiterentwicklung des Produktportfolios auftreten. A) Die aktuelle Variantenanzahl im Portfolio liegt über dem optimalen Wert. B) Die Anzahl an Varianten muss erhöht werden, da diese unter dem optimalen Wert liegt. C) Die Anzahl entspricht oder liegt sehr nahe an dem ermittelten Optimum. Laut den Autoren Schuh et al. (2016) liegt in Unternehmen am häufigsten Fall A) vor, gefolgt von B) und am seltensten C). Das Vorgehen wurde abschließend in einer Fallstudie im Bereich Anlagenbau angewandt. Es wird hervorgehoben, dass die Anpassung der Variantenanzahl immer unter Berücksichtigung von betriebswirtschaftlichen Aspekten, wie bspw. dem Erhalt des Unternehmensumsatzes und der Wechselwirkung mit dem bestehenden Portfoliomanagement erfolgen muss. (Schuh et al., 2016)

Hannila und Kuula et al. (2020) erarbeiten ein Konzept für ein **daten- und faktenbasiertes Produktportfoliomanagement**. Hierzu wird untersucht, wie die relevanten Bereiche zur Datenerhebung, Datenbestände und Informationstechnologie von Unternehmen im Produktportfoliomanagementprozess implementiert sind. Eine weitere Studie nach Hannila und Koskinen et al. (2020) bestätigt den Bedarf an einem daten- und faktenbasierten Produktportfoliomanagement und bekräftigt, dass einige Unternehmen aktuell noch nicht fähig sind, Produkte auf der Grundlage vorhandener Daten effektiv zu analysieren. (Hannila, Kuula et al., 2020; Hannila et al., 2022)

Drei Kernerkenntnisse werden dabei herausgestellt (Hannila, Kuula et al., 2020):

Kernerkenntnis 1: Voraussetzung für datengesteuerte Entscheidungsfindung ist die Vertrautheit mit der konsistenten Datenanalyse und einer daraus hervorgehenden Verbindlichkeit in der Umsetzung von Entscheidungen auf Basis der Daten. Faktoren, die einen konsequenten datengesteuerten Ansatz behindern, sind bspw. unzureichende Verknüpfung von kommerzieller und technischer Sichtweise auf das Produkt, ein unzureichendes Verständnis der Unternehmensprodukte oder unzureichende IT-Unterstützung.

Kernerkenntnis 2: Eine unzureichende Gesamtausrichtung und das Fehlen von Produktportfoliomanagementprozessen sowie eines zugehörigen Verständnisses für die strategische Bedeutung von Produktportfoliomanagement führen zu einem fehlenden Verständnis für strategische und profitable Produkte und das korrelierende Leistungsmanagement.

Kernerkenntnis 3: Die Entscheidungsgrundlage sollte auf Basis der Geschäftsprozesse über den gesamten Produktlebenszyklus gebildet werden, um alle Faktoren einzubeziehen. Hierfür müssen mehrere Datenquellen kombiniert werden, unterstützt durch ein ausreichendes Verständnis der Produkte.

Um den geschäftsorientierten Ansatz beizubehalten, welcher die Bereiche strategische Planung, Wertmaximierung und Portfolio-Balance aufgreift, um die Rentabilitätsbewertung von der Unternehmensebene auf die Produktebene zu übertragen, müssen die Führungskräfte den strategischen Charakter des Produktportfoliomanagementprozesses verstehen und entsprechende Ziele und KPIs festlegen. (Hannila, Kuula et al., 2020)

Goli et al. (2019) entwickeln einen Algorithmus zur Optimierung von Produktportfolios, welcher sich an der invasiven Vermehrung von Unkraut orientiert (IWO - Invasive Weed Optimization). Der Algorithmus ist in vier Schritte gegliedert (Goli et al., 2019):

Schritt 1: Generierung einer zufälligen Ausgangspopulation und Bewertung ihrer Zielfunktionswerte

Schritt 2: Fitnessbasierte Reproduktion und Aktualisierung der Standardabweichung

Schritt 3: Kompetitive Eliminierung

Schritt 4: Überprüfung der Stoppbedingungen (bspw. annehmbare Qualität der Lösung, verstrichene Zeit, Anzahl der Iterationen oder Anzahl der Iterationen ohne merkliche Verbesserung der Lösung).

An dem Verbreitungsverhalten von Unkraut inspiriert, wird im Rahmen der Studie ein robustes Produktportfolio-Optimierungsproblem formuliert und mit dem IWO-Algorithmus gelöst. Das Risiko wird im Rahmen der Studie als gemeinsame Varianz der Produkte definiert. Die Optimierung zielt zum einen auf die Minimierung des Portfoliorisikos (gemeinsame Varianz der Produkte) und zum anderen auf die Maximierung der Portfoliorendite ab. Die Verbindung zwischen Portfoliorendite und Risiko wird mit einem Risikoaversionsfaktor abgebildet. Die Rendite eines Produktes wird aufgrund der Variabilität und Ungenauigkeit in der Schätzung mit einem Unsicherheitsgrad als Intervall definiert. Das entwickelte Modell unterliegt dabei folgenden Beschränkungen (Goli et al., 2019):

A. Die Summe der Investitionen über alle Produkte hinweg soll gleich 1 sein.

B. Die Investitionsrate in jedem Produkt soll mit den benutzerdefinierten Beschränkungen übereinstimmen.

C. Das Portfolio soll eine definierte, ganzzahlige Anzahl von Produkten enthalten.

Der Ansatz wird an einem Beispielproblem mit drei Unsicherheitsgraden durchlaufen. Die Verwendung des robusten Optimierungsansatzes stellt die Berücksichtigung der Unsicherheiten durch Fluktuationen in den Produktrenditen sicher und führt zu einer realistischeren Investitionseffizienzgrenze als deterministische Ansätze ohne die Berücksichtigung von Schwankungen. (Goli et al., 2019)

Shafiee et al. (2017) versuchen die „Engineering-To-Order (ETO)“-Unternehmen zu unterstützen, Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen Projekten zu finden und zu nutzen. ETO-Unternehmen stehen vor der Herausforderung, wirtschaftlich und mit kurzen Lieferzeiten eine Vielzahl kundenspezifischer Produkte zu entwickeln. Daher bemühen sich ETO-Unternehmen, Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen Projekten zu identifizieren und zu steigern, um Teile bestehender Projekte wiederzuverwenden. Dazu müssen Daten zu bereits entworfenen Produkten oder Teilen des Entwurfs identifiziert werden, welche wiederverwendet werden können. (Shafiee et al., 2017)

Der Ansatz zur Identifikation und zum Abgleich von Produktähnlichkeiten basiert auf vier Schritten (Shafiee et al., 2017):

1. Identifizieren der wichtigsten im Produktkonfigurationssystem (PKS) verfügbaren Produktvariablen
2. Abrufen der Daten von zuvor entworfenen Produkten im ERP-System
3. Identifizierung einer Methode zum Vergleich von Produkten auf der Grundlage der wichtigsten Variablen
4. Einrichtung der Datenbank mit den Daten der zuvor entworfenen Produkte zur Integration in das PKS.

Der Ansatz wird in einem ETO-Unternehmen angewendet und evaluiert. Es zeigt sich, dass die Wiederverwendung von bestehenden Lösungselementen die Unternehmen unterstützt, die Komplexität ihres Produktportfolios zu reduzieren und gleichzeitig die Aufwände in der Entwicklung zu verringern. (Shafiee et al., 2017)

Anhang B

Interviewleitfaden der Interviewstudie I (Kapitel 5.1)

Zukunftsrobuste Produktentwicklung

Interviewleitfaden

Im DFG-Projekt „Zukunftsrobuste Produktentwicklung“ wird an einer Methodik zur generationsübergreifenden und zukunftsrobusten Planung und Entwicklung des Produktportfolios gearbeitet. Den Kern der Methodik soll ein Beschreibungsmodell bilden, das auf Erkenntnissen aus Experten-Interviews basiert.

Durch das Interview mit Ihnen möchten wir Ihre Perspektive auf die zukunftsrobuste Produktentwicklung aufnehmen. Einen Überblick über die Themen des Interviews bieten Ihnen die nachfolgend aufgeführten Fragen.

I. Einleitung und Vorstellung

Bitte beschreiben Sie kurz Ihre Position und Ihren Aufgabenbereich im Unternehmen.

II. Wie sieht Ihr Produktportfolio aus?

1. Welche Produkte bieten Sie in Ihrer Business Unit an?
2. Wie ist Ihr Produktportfolio strukturiert?

III. Wie entwickeln Sie Ihr Produktportfolio weiter?

3. Was sind Auslöser für die Weiterentwicklung des Produktportfolios?
4. Wie läuft die Weiterentwicklung des Produktportfolios ab?
5. Wie unterscheidet sich die Weiterentwicklung auf den Ebenen des Produktportfolios?

IV. Wie geschieht die Weiterentwicklung des Produktportfolios konkret?

6. Auf welchen Ebenen des Produktportfolios suchen Sie schwerpunktmäßig nach Potenzialen?

7. Auf welchen Ebenen des Produktportfolios sammeln Sie schwerpunktmäßig Ideen für neue Produkte?
8. Auf welchen Ebenen des Produktportfolios entwickeln Sie Geschäftsmodelle, Produktstrategien und Geschäftspläne?
9. Auf welchen Ebenen des Produktportfolios entwickeln Sie letztendlich die Produkte?

V. Wie werden aufeinanderfolgende Generationen entwickelt?

10. Was sind Auslöser für die Entwicklung einer neuen Produkt-/Systemgeneration?
11. Auf welchen Ebenen des Produktportfolios planen Sie in Generationen?
12. Inwiefern parallelisieren Sie die Entwicklung aufeinanderfolgender Generationen?

Anhang C

Interviewleitfaden der Interviewstudie II (Kapitel 5.4)

Zukunftsrobuste Produktentwicklung

Interviewleitfaden

i. **Einleitung und Vorstellung:**

1. Bitte beschreiben Sie kurz ihre Position und ihren Aufgabenbereich im Unternehmen.

ii. **Aufbau und Wording:**

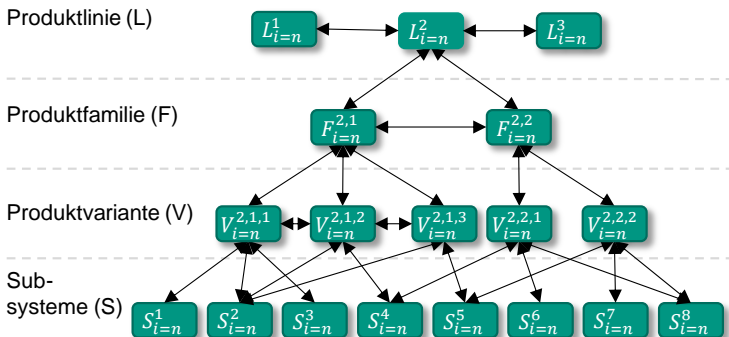


Abbildung B.1: Aufbau des Produktportfolios

2. Ist das Produktportfolio nach ähnlichem Schema aufgebaut?

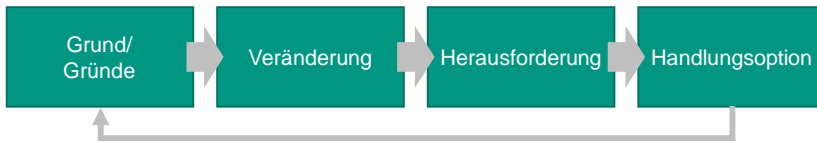


Abbildung C.1: Idealisierter und linearisierter Ablauf Portfoliweiterentwicklung

3. Stimmt dieser Ablauf eines Weiterentwicklungsprozesses grundsätzlich mit dem Ablauf in Ihrem Unternehmen überein?

iii. Gründe und Veränderung:

4. Welche Gründe bedingten eine Veränderung im Produktportfolio ihres Unternehmens?
 - Wie wurde man auf diese Gründe aufmerksam?
 - Wie wird entschieden, ob ein Grund relevant ist?
5. Welche Veränderung im Produktportfolio fand aufgrund dieses Grundes/dieser Gründe statt?
 - Welche Portfolioebenen waren von der Veränderung betroffen?
 - Welche Wechselwirkungen treten zwischen den Ebenen auf?
 - Wie viele Elemente waren auf jeder Ebene betroffen?
 - Wie wirkte sich die Unternehmensstrategie auf die Weiterentwicklung aus?
6. Wie wechselwirkt diese Änderung mit strategischen Zielen, welche geplant waren?
 - Wie wurden Folgegenerationen angepasst und wie weit in die Zukunft wurde geplant?
 - Wie wurde eine parallele Weiterentwicklung von Generationen synchronisiert?

iv. Herausforderungen und Strategien:

7. Welche Herausforderungen ergaben sich bei dieser Veränderung des Produktportfolios?
8. Wie wurde diesen Herausforderungen begegnet?

v. Wahrnehmung des Produktportfolios:

9. Wann und wie wurde die Veränderung unternehmensintern und unternehmensextern wahrgenommen?
10. Wie unterscheiden sich diese beiden Sichten?

Anhang D

Hintergrundinformationen zu Anforderungen auf das Beschreibungsmodell

| Nr. | Anforderung |
|-----|---|
| A1 | Die Beziehung zwischen allen Elementen, des Produktportfolios, muss abgebildet werden. |
| A2 | Eine Abbildung des Unternehmensumfelds soll in Generationen erfolgen (Kundengenerationen...). |
| A3 | Ein Vergleich der Elemente, des Produktportfolios, muss möglich sein (Unterschiede, Varianten, zeitlich, horizontal) |
| A4 | Externe Einflussfaktoren müssen berücksichtigt werden. |
| A5 | Interne Einflussfaktoren müssen berücksichtigt werden. |
| A6 | Die Produktportfolioentwicklung muss zeitlich & strukturell beschreibbar sein. |
| A7 | Bei der Beschreibung der Produktportfolioentwicklung muss das Produktionssystem und Validierungssystem mitberücksichtigt werden. |
| A8 | Bei der Beschreibung der Produktportfolioentwicklung müssen Anforderungen und Rahmenbedingungen von Kunden, Lieferanten, Gesetzgeber und Wettbewerbern auf das jeweilige Modellelement abgebildet werden. |
| A9 | Bei der Planung und Beschreibung des Produktportfolios müssen die Modellelemente in Kontext zu zeitlich veränderlichen Randbedingungen wie Szenarien, Trends, Gesetzesänderungen gesetzt werden. |
| A10 | Bei der Beschreibung müssen Auslöser für neue Entwicklungen von Elementen deutlich gemacht werden. |
| A11 | Bei der Beschreibung soll die Time to Market und Time in Market abgebildet werden. |
| A12 | Bei der Beschreibung der Produktportfolioentwicklung soll die Auswirkung der neuen Produktgeneration auf das Nutzenbündel Anwender-, Anbieter- und Kundennutzen abgebildet werden. |
| A13 | Bei der Beschreibung der Produktportfolioentwicklung soll die Auswirkung der parallelen Weiterentwicklung auf allen Ebenen des Portfolios berücksichtigt werden. |
| A14 | Es soll eine Abgrenzung zwischen entwicklungstechnischen Generationen und von Kunden wahrgenommenen Generation erfolgen. |
| A15 | Das Beschreibungsmodell soll Wechselwirkung über unterschiedliche Ebenen, des Portfolios, mithilfe verschiedener Variationsoperatoren abbilden. |

Abbildung D.1: Anforderungen an ein Beschreibungsmodell auf Basis der Interviewstudie I (Kapitel 5.1), Vorarbeiten aus dem Bereich SGE und SPP (Gärtner, 2022).

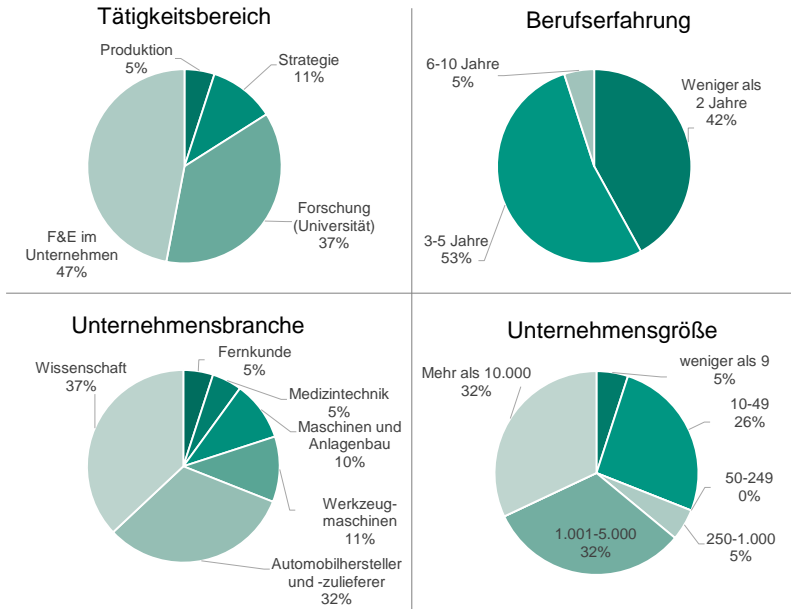


Abbildung D.2: Hintergrundinformationen zu den Befragten in der Relevanzbewertung der verschiedenen Ziele für das zu entwickelnde Beschreibungsmodell. (Schlegel et al., 2023a)

Darstellung der ebenenspezifischen Produktprofile (Kapitel 6.3)

Anbei finden sich die ebenenspezifischen Produktprofile zur Unternehmensebene und Produktliniensebene.

| Unternehmensprofil | | Logo |
|--|--|------|
| Unternehmensname: | | |
| Nutzen | Produktstruktur | |
| Kernnutzen (k, u, a) <ul style="list-style-type: none">■ Welchen Kernnutzen befriedigt das Unternehmen im Hinblick auf Kunden, Anwender und Anbieter? | Strategie/Kernkompetenzen <ul style="list-style-type: none">■ Vision/Mission/Werte/Ziele des Unternehmens■ Was kann das Unternehmen besser als die Konkurrenz? | |
| Stakeholder | Umfeldentwicklung | |
| (k, u, a)-stamm <ul style="list-style-type: none">■ Welchen Kunden-, Anwender- und Anbieterstamm hat das Unternehmen? | Branchen/Schlüsselfaktoren <ul style="list-style-type: none">■ In welchen Branchen ist das Unternehmen aktiv?■ Welche Schlüsselfaktoren spielen in diesen Branchen eine Rolle? | |

Abbildung D.3: Produktprofil auf Unternehmensebene

Produktlinienprofil

Skizze

Produktlinie:

Nutzen

Anwendungsfeldnutzen (k, u, a)

- [Bezug]: Vererbter Kernnutzen (k, u, a)
- Welchen Anwendungsfeldnutzen bietet diese Linie in Kunden- Anwender- und Anbietersicht?

Produktstruktur

Eigenschaften (Merkmal + Ausprägung)

- [Bezug]: Vererbte Strategiekomponenten und Kernkompetenzen
- Welche Eigenschaften besitzt diese Linie?

Stakeholder

(k, u, a)-kreis

- [Bezug]: Vererbter (k, u, a)-stamm
- Welchen Kunden-, Anwender- und Anbieterkreis hat diese Linie?

Umfeldentwicklung

Märkte/Ausprägung Schlüsselfaktoren

- [Bezug]: Vererbte Branchen/Schlüsselfaktoren
- Welche Märkte werden bedient?
- Welche Ausprägung haben die Schlüsselfaktoren in dieser Linie?

Enthaltene Familien

- Auflistung der in der Linie enthaltenen Familien

Abbildung D.4: Produktprofil auf Linienebene

Aufgabenstellung zur Evaluationsaufgabe in der MKL-IV (Kapitel 6.5).

Die **Einleitung** motiviert kurz in Anlehnung an die Aufgabenstellung in der MKL IV, dass die in der Lehre häufig vorkommende Art der Entwicklung - von einem einzigen oder gar ohne Referenzprodukt zu einem einzigen Nachfolgeprodukt - nicht der Entwicklungspraxis vieler Unternehmen entspricht (Interviewstudie I (Kapitel 5.1) und Interviewstudie II (Kapitel 5.4)). Es wird ebenfalls der Innovationsbegriff eingeführt, um Fehlinterpretationen im Hinblick auf die Evaluation zu vermeiden.



Ablauf:

- 5 Minuten Vorstellung durch Tutor*in
- 5 Minuten Einlesezeit
- 15 Minuten Bearbeitungszeit
- 5 Minuten Präsentation
- 5 Minuten Bewertungsphase
- 3 Minuten Feedback

Umfeld Informationen



Abbildung D.5: Übersicht über die Aufgabenstellung zum Evaluationsworkshop in der Lehrveranstaltung MKL IV

Die Beschreibungsmappe enthält weiter den **Arbeitsauftrag** sowie Informationen, die zur Erledigung der Aufgabe notwendig sind. Der Arbeitsauftrag umfasst die Modellierung des Produktportfolios sowie das Finden neuer Innovationspotenziale eines Landmaschinenherstellers. Folgende Fragen sollen innerhalb des Workshops beantwortet werden und fungieren als Leitfragen in der Aufgabenstellung: Q1 - Wie ist das Produktportfolio strukturiert? Q2 - Welche Produkte können in Zukunft aus dem Produktprofil gestrichen werden und welche sollten hinzugefügt werden? Q3 - Was sind die Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Produkten?

Um der Weiterentwicklung Kontext zu verleihen, enthält die Aufgabenstellung auch **Informationen** über verschiedene **Umfeldveränderungen**, die sich auf Bereiche des Produktportfolios auswirken können. Die Aufgabenmappe enthält ebenfalls Informationen über aktuelle Entwicklungen des fiktiven Unternehmens, wie die Entwicklung eines Hybridmoduls für Traktoren, welche als Kernaufgabe in der Lehrveranstaltung selbst behandelt wird.

Der letzte Abschnitt der Aufgabenstellung umfasst eine **online Umfrage**. Bei der Umfrage wird nach Test- und Kontrollgruppe sowie teilnehmenden Studierenden und Tutorinnen und Tutoren als Beobachtende unterschieden. Der Aufbau der online Umfrage orientiert sich an den Evaluationskriterien der DRM (Blessing & Chakrabarti, 2009). Die Umfrage wird anonym durchgeführt und ist von der Bewertung der Lehrveranstaltung entkoppelt. Die Ergebnisse der Durchführung sowie der online Umfrage werden nachfolgend aufgeführt und diskutiert.

Aussagen der Teilnehmenden aus der Testgruppe zur Evaluation

Exemplarische Aussagen der Teilnehmenden zum Thema Zeitmangel sind: S1 - *"Die Methodik war prinzipiell anwendbar, aber es war zu wenig Zeit, um sie umfassend und detailliert durchzuführen. Das Potenzial wurde daher nicht voll ausgeschöpft."* S2 - *"Meiner Meinung nach ist die Methode in der kurzen Zeit, die zur Verfügung steht, nicht anwendbar (vor allem, weil die Aufgabe recht lang und daher zeitaufwendig zu lesen ist). Wenn man 10 Minuten mehr Zeit hätte, könnte man sicherlich damit arbeiten."* S3 - *"[...] Zu wenig Zeit sich die Methodik verständlich zu machen und sie dann anzuwenden"* S4 - *"Zu wenig Zeit und zu viele Produkte um sich sinnvoll in die Methodik einarbeiten zu können ohne eine richtige Einführung zu haben und gleichzeitig die Produkte zu Kategorisieren"*

Anhang E

Erfolgsfaktoren für den Transfer (Kapitel 8.3)

Tabelle E.1: Erfolgsfaktoren für den Transfer von Entwicklungsmethoden aus dem universitären Umfeld in die Unternehmenspraxis (Modhvia, 2025)¹.

| Erfolgsfaktor | Kurzbeschreibung |
|-------------------------------|--|
| E1 Transferfähigkeiten | <ul style="list-style-type: none">• Die Universität muss die Fähigkeiten und Ressourcen besitzen, um das Wissen zu transferieren• Das Wissen sollte von Unternehmen anwendbar sein• Industriepartner muss die Fähigkeit besitzen, externes Wissen aufnehmen zu können |
| E2 Wissensbasis | <ul style="list-style-type: none">• Universitäten sollten vorher ermitteln, welche Wissensbasis benötigt wird• Im Unternehmen sollte ein fürs Themengebiet passendes Wissenslevel existieren• Es sollten passende Experten und Ansprechpartner im Unternehmen vorhanden sein |
| E3 Ressourcen | <ul style="list-style-type: none">• Universitäten sollten vorher festlegen, wie viele Ressourcen (Zeit, Geld, Personentage etc.) sie für den Wissenstransfer mindestens benötigen• Das Unternehmen sollte ausreichend Ressourcen für den Wissenstransfer bereitstellen können• Beide Seiten sollten zusammen einen Ressourcenplan aufstellen |
| E4 Commitment (engl.) | <ul style="list-style-type: none">• Das Management und das Unternehmen müssen hinter dem Wissenstransfer stehen |

¹ Co-betreute Abschlussarbeit (unveröffentlicht)

- E5 Sprache**
 - Das Wissen sollte in einer Sprache verfasst sein, die klar und für Unternehmen verständlich ist
 - Es sollte ein gegenseitiges Verständnis für die verwendeten Begrifflichkeiten vorherrschen
- E6 Nutzen**
 - Das zu transferierende Wissen sollte für Unternehmen relevant und von Nutzen sein
 - Der Nutzen sollte von Universitäten klar kommunizierbar sein
 - Das Aufwand-Nutzen Verhältnis des Wissenstransfers muss für beide Seiten stimmen
- E7 Methodiken**
 - Es sollten aktive und persönliche Methoden zum Transferieren des Wissens eingesetzt werden
 - Die Endnutzer sollten wenn möglich das Wissen direkt anwenden
 - Es sollten Projektmanagement-Methodiken angewandt werden, um das Erreichen der Ziele und die Einhaltung von Ressourcen-Grenzen sicherzustellen
- E8 Individualisierung**
 - Das Wissen und die verwendeten Methodiken sollten auf das jeweilige Unternehmen angepasst werden
 - Das Wissen sollte in die jeweiligen Prozesse des Unternehmens integrierbar sein
- E9 Erwartungsmanagement**
 - Beide Seiten sollten klar kommunizieren, was für Erwartungen und Ziele sie an den Wissenstransfer haben
 - Die Ziele sollten klar definiert und festgehalten werden
 - Es sollte während des Transferprozesses evaluiert werden, ob die Ziele erreicht werden
- E10 Zusammenarbeit**
 - Die Partnerschaft sollte vertrauensvoll und auf Augenhöhe stattfinden
 - Alle relevanten Stakeholder sollten in den Wissenstransfer eingebunden sein
 - Es sollten Möglichkeiten für Reflexion und zur Verbesserung der Zusammenarbeit geschaffen werden
- E11 Unterstützung**
 - Es sollte eine kontinuierliche Kommunikation, Beratung und Unterstützung während des Wissenstransfers gewährleistet sein
 - Es sollten Kanäle für den Austausch festgelegt werden
 - Es sollte mindestens einen klar definierten Kooperationsbeauftragten im Transferprozess geben

Ergebnisse aus den Schritten zum Transfer der Systematik- Phase 1 und Phase 2 (Vgl. Kapitel 8.3)

Die systematische Literaturrecherche wurde in Anlehnung an Kraus, Breier und Dasí-Rodríguez (2020) durchgeführt. Aus einer Gesamtzahl von 1238 Arbeiten wurden 45 Arbeiten durch ein Screening des Titels und des Abstracts als potenziell relevant identifiziert. Diese Ansätze wurden in einer Volltextanalyse untersucht und zusammen mit einer Vorwärts-Rückwärtssuche vervollständigt. Abschließend verbleiben 31 Artikel als Grundlage für die Analyse bestehender Ansätze und Erfolgsfaktoren für den Transfer.

Abbildung E. zeigt die sieben Prozessmodelle aus den gefundenen Artikeln als Ergebnis der systematischen Literaturreche. (Philbin, 2008), (Plewa et al., 2013), (Flagg, Lane & Lockett, 2013), (Kramer et al., 2013), (Rajalo & Vadi, 2017), (Abbas, Avdic, Barker & Xiaobao, 2018) und (Shteinbrekher, D. K., Danko, 2018).

| Autor | Prozessmodell | | | | | |
|----------------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------|--------------------|----------|
| Philbin (2008) | Umfeldanalyse | Vorschlag | Initiation | Umsetzung | Bewertung | |
| Plewa (2012) | Einigung | Aufbau | Engagement | Ausbau | Latente Phase | |
| Flagg (2013) | Forschung | | Weiterentwicklung | | Kommerzialisierung | |
| Kramer (2013) | Vorüberlegungen | Überlegung | Vorbereitung | Transfer | Nutzung | |
| Rajalo (2017) | Initiierung | | Implementierung | | Finalisierung | |
| Abbas (2018) | Bewusstsein | Akquise | Transformation | Assoziation | Anwendung | Feedback |
| Shteinbrekher (2018) | Vorabwertung | Vorbereitung | Durchführung | Kaskadierung | Überwachung | |

Abbildung E.1: Sieben Prozessmodelle für den Transfer von Innovationsmethoden als Ergebnis der systematischen Literaturrecherche. (Vgl. Schlegel, Modhvia et al., 2025)

In Ergänzung wurden elf Cluster von Erfolgsfaktoren für den Transfer von Innovationsmethoden identifiziert. 1) Transferfähigkeiten, 2) Wissensbasis, 3) Ressourcen, 4) Commitment (engl.), 5) Sprache, 6) Nutzen, 7) Methodiken, 8) Individualisierung, 9) Erwartungsmanagement, 10) Zusammenarbeit, 11) Unterstützung. Diese sind weiter ausgeführt in (Schlegel, Modhvia et al., 2025).

Aufbauend auf den Ergebnissen der deskriptiven Studie I wurde ein Transferansatz für den Transfer von Innovationsmethoden entwickelt. Abbildung E.2 zeigt die Übersicht über die Phasen des Transferansatzes. Die einzelnen Phasen sind mit Begleitdokumentation, Leitfragen sowie Zielsetzungen der jeweiligen Phase ausgestattet. Der Transferansatz stellt die Grundlage dar, um beispielsweise die Systematik zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios, als Gegenstand dieser Arbeit, in die Anwendung im Unternehmen zu überführen.

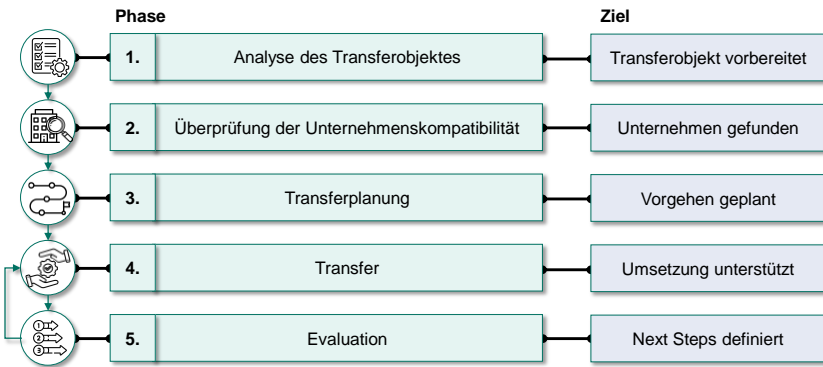


Abbildung E.2: Übersicht über den erarbeiteten Transferansatz (Vgl. Schlegel, Modhvardia et al., 2025)

Der Fokus der zweistufigen Evaluationsstudie im Rahmen der deskriptiven Studie II liegt auf der zweiten Stufe, den Transferworkshops mit zwei Unternehmen. Diese greifen als Transfergegenstand explizit die Systematik als Gegenstand der vorliegenden Arbeit auf.

Innerhalb der ersten Evaluationsstufe wurde der Ansatz mit vier Unternehmensexperten in einer semi-strukturierten Interviewstudie evaluiert. Dazu wurden zunächst der Transferansatz vorgestellt und anschließend die Einschätzung der Experten zur Anwendbarkeit, dem erwarteten Unterstützungspotenzial sowie einem erwarteten Mehrwert eingeholt. Für die detaillierte Beschreibung des Vorgehens in der Interviewstudie sowie die Hintergrundrundinformationen zu den Expertinnen und Experten sei auf Schlegel und Modhvardia et al. (2025) verwiesen. Das Ergebnis der ersten Evaluationsstudie umfasst die Einschätzung der Expertinnen und Experten, dass der Transferansatz als tendenziell intuitiv und anwendbar sowie mehrwertstiftend gesehen wird. Auf Basis der ersten positiven Evaluation wird mit der zweiten Studie verfahren.