

## **Zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios: Erkenntnisse und Handlungsbedarfe aus der Praxis**

***Maurice Meyer, M.Sc.***

***Jan-Philipp Hemkentokrax, M.Sc.***

***Dr.-Ing. Christian Koldewey***

***Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu***

*Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn*

*Fürstenallee 11, 33102 Paderborn*

*Tel. +49 (0) 52 51 / 60 62 27*

*E-Mail: {maurice.meyer/jan.philipp.hemkentokrax/christian.koldewey/  
roman.dumitrescu}@hni.upb.de*

***Peter M. Tröster, M.Sc.***

***Michael Schlegel, M.Sc.***

***Christopher L. Kling, M.Eng.***

***Dr.-Ing. Simon Rapp***

***Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers***

*Institut für Produktentwicklung (IPEK), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*

*Kaiserstr. 10, 76131 Karlsruhe*

*Tel. +49 (0) 721 / 60 84 72 52*

*E-Mail: {peter.troester/christopher.kling/simon.rapp/albert.albers}@kit.edu*

### **Zusammenfassung**

Die Entwicklung von Produkten wird zunehmend komplexer. Dies liegt zum Teil an sprunghaften Entwicklungen von Technologien, aber auch an der zunehmenden Volatilität des Umfelds. Um trotz der zunehmenden Komplexität in der Wettbewerbsarena von morgen zu bestehen, müssen Unternehmen ihr Produktportfolio zukunftsrobust weiterentwickeln. Diese neuen Anforderungen lassen sich mit den etablierten Modellen der Produktentwicklung jedoch nur unzureichend adressieren: Ein ganzheitlicher Ansatz zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios existiert nicht. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie Unternehmen ihre Produktportfolios gegenwärtig weiterentwickeln und welche Handlungsbedarfe sich daraus in Hinblick auf eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios ergeben.

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse einer Interviewstudie zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios sowie daraus abgeleitete Handlungsbedarfe vorgestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Unternehmen ihre Produktportfolios sowohl langfristig-strategisch als auch – gleichzeitig – kurzfristig-iterativ weiterentwickeln. Dabei können eindeutige Aufgabenschwerpunkte zugeordnet werden: Potentiale zur Weiterentwicklung werden in der Regel für ganze Produktlinien gesucht, Ideen zur Erschließung der Potentiale für Produktfamilien.

Geschäftsmodelle und -pläne werden für jede Produktvariante individuell ausgeprägt. In der Entwicklung werden die Subsysteme der Produkte fokussiert. Zur Erhöhung der Zukunftsrobustheit setzen die Unternehmen auch explizit auf die Entwicklung in Produktgenerationen, welche durch ein Spannungsfeld aus Unsicherheiten und Gestaltungsfreiheiten geprägt ist. Durch die abschließende Diskussion der Interviewergebnisse wird gezeigt, dass ein ganzheitlicher Ansatz zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios notwendig ist. Dieser soll die Entwicklungstätigkeiten in der Praxis sowohl beschreiben als auch methodisch unterstützen können.

### **Schlüsselworte**

Zukunftsrobuste Produktentwicklung, Produktgenerationsentwicklung, Strategische Produktplanung, Produktportfolio

# **Future robust further development of product portfolios: Insights and needs for action from practice**

## **Abstract**

The development of products is becoming increasingly complex. This is partly due to the rapid development of technologies, but also to the increasing volatility of the environment. To survive in the competitive arena of tomorrow despite the increasing complexity, companies need to further develop their product portfolio in a future robust manner. However, these new requirements are only partially addressed by the established product development models: A holistic approach to future robust further development of the product portfolio does not exist. Against this background, the question arises as to how companies currently carry out the further development of their product portfolio and what needs for action arise from this.

This article presents the results of an interview study on the future robust further development of product portfolios and the derived needs for action. The results show that companies are developing their product portfolios both strategically in the long term and iteratively in the short term. In this context, clear focal points can be identified: Potentials for further development are usually sought for entire product lines. Ideas for exploiting these potentials mostly address specific product families. Business models and plans are developed individually for each product variant. In the development phase, the companies focus on the products' subsystems. To increase future robustness, the companies also explicitly develop products in generations, which is characterized by a tension field of uncertainties and design freedom. The concluding discussion of the interview results shows that a holistic approach to the future robust further development of products portfolio is needed. This approach must be able to both describe and methodically support the development activities in practice.

## **Keywords**

Future Robust Product Development, Product Generation Development, Strategic Product Planning, Product Portfolio





## 1 Bedarf für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die Entwicklung erfolgreicher Produkte wird immer komplexer. Dies liegt zum einen an den Produkten selbst: Sie zeichnen sich durch eine zunehmende Interdisziplinarität aus, die in einer steigenden internen Produktkomplexität resultiert [DAR+21], [LLL+15]. Außerdem müssen zukünftige Produkte zahlreiche Funktionen und Ziele erfüllen, die zum Teil in Konflikt miteinander stehen [DAR+21]. Zum anderen stellen rasante gesellschaftliche Veränderungen (z. B. ein zunehmendes Nachhaltigkeitsbewusstsein) und gesetzliche Vorgaben hohe Anforderungen an die Entwicklung neuer Produkte [UCE+20]. Im Spannungsfeld von interner Produktkomplexität auf der einen Seite und externer Volatilität des Umfelds auf der anderen Seite muss die Produktentwicklung mehr denn je methodisch unterstützt werden. Konkret geht es darum, Planungs- und Entwicklungsprozesse systematisch zu integrieren, um Unternehmen zu befähigen, ein Produktportfolio mit vernetzten Produktlinien über mehrere Produktgenerationen hinweg zu planen [DAR+21]. Dieses Leitbild wird im Weiteren als **zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios** bezeichnet.

In der Literatur finden sich zahlreiche etablierte Modelle für die Planung und Entwicklung von Produkten. Nachfolgend werden vier davon exemplarisch vorgestellt und im Hinblick auf die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios bewertet.

International anerkannt ist das **Stage-Gate-Modell** nach COOPER. Dieses beschreibt sechs Phasen – die sogenannten Stages – des Innovationsprozesses: Ideengenerierung, Projektanalyse, Berechnung eines Business Cases, Entwicklung, Tests und Validierung sowie Markteintritt. Der Übergang von einer Phase in die nächste ist von der Erfüllung vordefinierter Qualitätskriterien abhängig – den sogenannten Gates. COOPER selbst betont, dass die Weichen für den Erfolg eines Innovationsprozesses sehr früh gestellt werden – entsprechend sind drei seiner sechs vorgeschlagenen Phasen vor der eigentlichen Entwicklung des Produkts verortet [Coo08].

ULRICH und EPPINGER schlagen einen **generischen Produktentwicklungsprozess** mit sechs Phasen vor: Planung, Konzeptentwicklung, System-Design, Detailkonstruktion, Testen und Optimieren sowie Produktionsanlauf. Die Phasen zielen insbesondere auf die schrittweise Spezifizierung der zu entwickelnden Produkte ab [UE16]. Im Vergleich zum Modell von COOPER fällt insbesondere der deutlich stärkere Fokus auf die Entwicklungstätigkeiten auf.

Eine Alternative zu den eher starren Phasen-Meilenstein-Vorgehensweisen stellt das **Referenzmodell der strategischen Planung und integrativen Entwicklung von Marktleistungen** nach GAUSEMEIER et al dar. Es beschreibt den Prozess von der Produkt- bzw. Geschäftsidee bis zum Serienanlauf als ein Wechselspiel von Aufgaben, die in 4 Zyklen organisiert sind: Strategische Produktplanung, Produktentwicklung, Dienstleistungsentwicklung und Produktionssystementwicklung [GDE+19]. Im Gegensatz zu den zuvor vorgestellten Modellen verlangt dieses Referenzmodell explizit die Erarbeitung von Geschäfts- und Produktstrategien. Dadurch wird der Fokus von der Entwicklung eines einzelnen Produkts stärker auf die Weiterentwicklung des Produktportfolios gerichtet.

In Ergänzung zu diesen Modellen, die einen Prozess der Produktentstehung wiedergeben, schlagen ALBERS et al. mit dem **Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung** ein Beschreibungsmodell für die Entwicklung mechatronischer Systeme vor. Das Modell erhebt den Anspruch, jede Form der Produktentwicklung beschreiben zu können [ARS+19a]. Der Kern des Modells ist die Beobachtung, dass neue Systeme immer auf Basis von Referenzen entwickelt werden [ABW, 4 ff]. Diese Referenzen bilden den Ausgangspunkt für die Entwicklung einer neuen Produktgeneration [ARS+19b, S. 1699], welche mit dem Modell der PGE formal beschrieben werden kann. Da es sich beim Modell der PGE um ein Beschreibungsmodell handelt, wird kein Vorgehen zur Produktentstehung beschrieben.

Die Ausführungen zu den etablierten Modellen zeigen deutlich, dass kein Ansatz die Anforderungen an eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios hinreichend adressiert. Insbesondere die integrierte Planung eines Produktportfolios über mehrere Produktgenerationen hinweg wird von keinem Ansatz verfolgt.

Dass dies kein rein theoretisches Problem ist, stellen DUMITRESCU et al. in ihrer Studie „Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft“ fest: Laut dieser nimmt auch ein Großteil der befragten Unternehmen an, dass die **aktuellen Entwicklungsprozesse** für die Marktleistungen der Zukunft **nicht ausreichend** sind [DAR+21].

Die Unzulänglichkeiten der bestehenden Modelle und der Bedarf aus der Praxis zeigen **zwei wichtige Forschungsbedarfe**: Aufgrund der fehlenden Modelle aus der Forschung muss zunächst untersucht werden, wie Unternehmen die Weiterentwicklung ihres Produktportfolios in der Praxis durchführen. Darauf aufbauend muss ein neuer Ansatz für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios entwickelt werden. Dieser Ansatz muss sowohl theoretisch als auch praktisch fundiert sein.

Im vorliegenden Beitrag soll insbesondere auf den ersten Forschungsbedarf eingegangen werden. Der zweite Forschungsbedarf soll nur insoweit adressiert werden, dass erste Handlungsbedarfe für einen neuen Ansatz zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios aufgezeigt werden. Daraus resultieren die **Forschungsfragen**:

- 1) Wie entwickeln Unternehmen ihr Produktportfolio gegenwärtig weiter?
- 2) Welche Handlungsbedarfe ergeben sich für die zukunftsrobuste Gestaltung von Produktportfolios für Unternehmen?

Im Folgenden wird zunächst das methodische Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen beschrieben (Kapitel 2). Anschließend werden die Ergebnisse der Untersuchung vorgestellt (Kapitel 3). In Kapitel 4 werden die Ergebnisse mit dem Stand der Forschung in Verbindung gesetzt und diskutiert. Aus dieser Diskussion werden zudem die Handlungsbedarfe für die zukunftsrobuste Gestaltung von Produktportfolios abgeleitet. Im abschließenden Fazit werden die wesentlichen Ergebnisse und Schlussfolgerungen dargestellt sowie ihr wissenschaftlicher Beitrag bewertet (Kapitel 5).

## 2 Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein methodisches Vorgehen mit sechs aufeinander aufbauenden Phasen durchlaufen. Das Vorgehen wird in Bild 1 dargestellt und nachfolgend beschrieben.

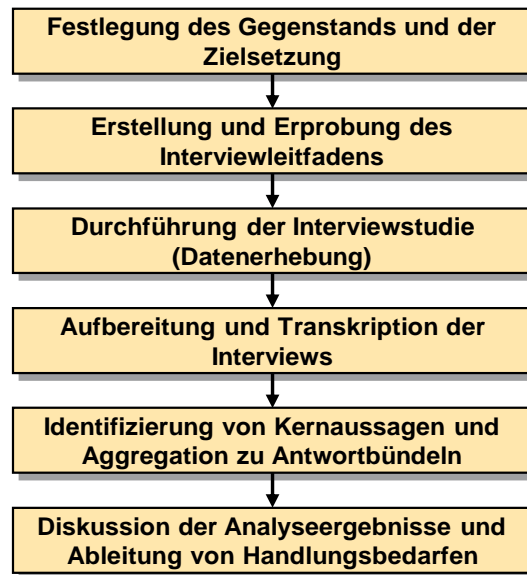


Bild 1: Methodisches Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen

**Phase 1:** Ziel der Untersuchung sind Erkenntnisse über die Weiterentwicklung von Produktportfolios in der Praxis sowie Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios. Da diese Zielsetzung eine explorative Studie erfordert, wurde ein qualitatives Forschungsdesign in Form von leitfadengestützten Experteninterviews gewählt.

**Phase 2:** Vor der Durchführung der Interviewstudie wurde in Anlehnung an KAISER sowie GLÄSER und LAUDEL ein Interviewleitfaden konzipiert [Kai14], [GL10]. Der Leitfaden dient der Strukturierung der Interviews. Er umfasst eine Reihe von Leitfragen, die die Vergleichbarkeit der Daten sichern und zudem ein hohes Maß an Flexibilität gewähren, um situationsadäquat auf Aussagen der Gesprächspartner zu reagieren [Kai14]. Die Leitfragen wurden in fünf Themenkomplexe gebündelt: (I.) Einleitung und Vorstellung; (II.) Aufbau des Produktportfolios; (III.) Weiterentwicklung des Produktportfolios; (IV.) Ebenen und Aufgaben der Weiterentwicklung und (V.) Generationenentwicklung. Der Interviewleitfaden wurde in mehreren Iterationen konzipiert und im Nachgang eines jeden Interviews systematisch weiterentwickelt, um neue Erkenntnisse in Folgeinterviews zu berücksichtigen. Die Gesprächspartner erhielten den Leitfaden zur Vorbereitung bereits einige Tage vor dem Interview.

**Phase 3:** Im Rahmen der Datenerhebung wurden im Zeitraum von Mai bis Juli 2021 sieben leitfadengestützte Interviews mit Führungskräften aus Unternehmen der Automobilindustrie, des Maschinenbaus sowie der Medizintechnik geführt. Die Führungskräfte wurden von jeweils zwei Interviewern über Microsoft Teams befragt. Die Interviews dauerten zwischen 45 und 60 Minuten und wurden im Einvernehmen der Gesprächspartner aufgezeichnet und transkribiert. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Interviews.

Tabelle 1: Übersicht der Interviews

Position des Interviewpartners	Unternehmen	Mitarbeiter	Produktionsmenge	Branche
Senior Manager Innovation	Automobilzulieferer für Interieur und Design	> 100.000	Großserie	Automotive
Innovation Management Consultant (ehemals CTO)	Industriekonzern mit Schwerpunkt in der Stahlverarbeitung	> 10.000	Einzelfertigung	Maschinenbau
Senior Vice President Engineering System	Gesundheitskonzern und Anbieter von Dialysesystemen	> 100.000	Serienfertigung	Medizintechnik
Senior Vice President R&D Powertrain and E-Mobility	Automobilzulieferer für Motoren, Getriebe und Fahrwerk	> 50.000	Großserie	Automotive
Global Head of Manufacturing Electric Powertrain	Automobilzulieferer für Elektroantriebe	> 50.000	Großserie	Automotive
Head of R&D Interconnection und Head of BU Interconnection	Hersteller von Komponenten für elektrische Verbindungstechnik	< 10.000	Großserie	Verbindungstechnik
Leiter Produktmanagement	Hersteller von Werkzeugmaschinen und Industrielasern	> 10.000	Serienfertigung	Maschinenbau

**Phase 4:** Das gesammelte Datenmaterial wurde anschließend einer qualitative Inhaltsanalyse nach MAYRING unterzogen [May15]. Dabei wurden ausschließlich inhaltstragende Textstellen berücksichtigt. Die Analyse erfolgte textgeleitet und Software-basiert mit Microsoft Excel.

**Phase 5:** In einem ersten Analyseschritt wurden Kernaussagen in den Interviews identifiziert und extrahiert. Diese wurden anschließend in einem zweiten Analyseschritt zu inhaltlich konsistenten Antwortbündeln aggregiert. Die gebündelten Kernaussagen wurden in der Folge interpretiert und visuell aufbereitet.

**Phase 6:** Basierend auf der Aggregation der Kernaussagen erfolgte abschließend ein Vergleich von Theorie und Praxis. Hierzu wurden die erarbeiteten Studienergebnisse dem Stand der Forschung gegenübergestellt und diskutiert. Darauf aufbauend wurden Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios abgeleitet.

### 3 Ergebnisse der Interviewstudie

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Interviewstudie dargestellt. Dabei wird zunächst auf die Strukturierung des Produktportfolios der befragten Unternehmen eingegangen (Kapitel 3.1). Anschließend wird die Weiterentwicklung des Produktportfolios im zeitlichen Verlauf beschrieben (Kapitel 3.2). Darauf aufbauend wird in Kapitel 3.3 betrachtet, wie die Weiterentwicklung des Produktportfolios und die Aufgaben des Produktentstehungsprozesses in der Praxis zusammenhängen. Zuletzt wird dargestellt, wie die befragten Unternehmen die Weiterentwicklung des Produktportfolios durch die Entwicklung von Produkten in Generationen unterstützen (Kapitel 3.4).

### 3.1 Strukturierung des Produktportfolios

Für die zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios muss zunächst festgestellt werden, wie Unternehmen in der Praxis ihre Produktportfolios prinzipiell strukturieren. Aus den Interviews geht dabei eine Strukturierung der Produktportfolios mit Hilfe von vier Ebenen hervor:

- **Produktlinien** stellen die oberste Ebene des Produktportfolios dar. Sie orientieren sich oft an den Anwendungsfeldern der jeweiligen Unternehmen (z. B. an den möglichen Therapiesystemen).
- Auf der nächsten Ebene werden die Produktlinien in **Produktfamilien** aufgeteilt. Eine Produktfamilie fasst dabei ähnliche Produkte zusammen (z. B. Dialysesysteme).
- **Produktvarianten** sind die in einer Produktfamilie zusammengefassten Produkte (z. B. verschiedene Varianten des Dialysesystems). Die Produktvarianten unterscheiden sich zum Beispiel anhand ihrer Wertigkeit oder ihrer Komplexität. Bei mehreren Unternehmen können Produktvarianten auf Basis von Baukasten-Systemen generiert werden.
- Jede Produktvariante besteht wiederum aus mehreren Komponenten, Bauteilen oder Subsystemen (z. B. einem Dialysegerät und einem Schlauchsystem). Wie diese unterschiedlichen Begriffe veranschaulichen, gab es im Gegensatz zu den anderen Ebenen in den Interviews keinen einheitlichen Sprachgebrauch für diese Ebene. Da viele der genannten Beispiele jedoch selbst aus mehreren Teilen bestehen (z. B. das Dialysegerät), erscheinen die Begriffe „Komponenten“ und „Bauteile“ unpräzise und daher ungeeignet. Eine korrekte Beschreibung der Ebene liefert nur der Begriff „**Subsysteme**“, da dieser die Beziehung zum übergeordneten System, dem Produkt, beschreibt. Deshalb wird in diesem Beitrag von der Subsystem-Ebene gesprochen. Subsysteme sind nicht exklusiv einer Variante zugeordnet; sie können auch in mehreren Produktvarianten verwendet werden. Produktvarianten müssen sich durch mindestens ein Subsystem unterscheiden: Dies kann durch das Hinzufügen oder Entfernen eines Subsystems realisiert werden (z. B. wenn eine bestimmte Produktvariante zusätzliche Funktionen hat). Alternativ kann eine andere Variante des betroffenen Subsystems verwendet werden (z. B. ein leistungstärkerer Motor in einer leistungstärkeren Produktvariante). Subsysteme können entweder selbst produziert oder auch zugekauft werden.

Die beschriebenen Zusammenhänge der Produktportfolio-Ebenen sind in Bild 2 dargestellt.

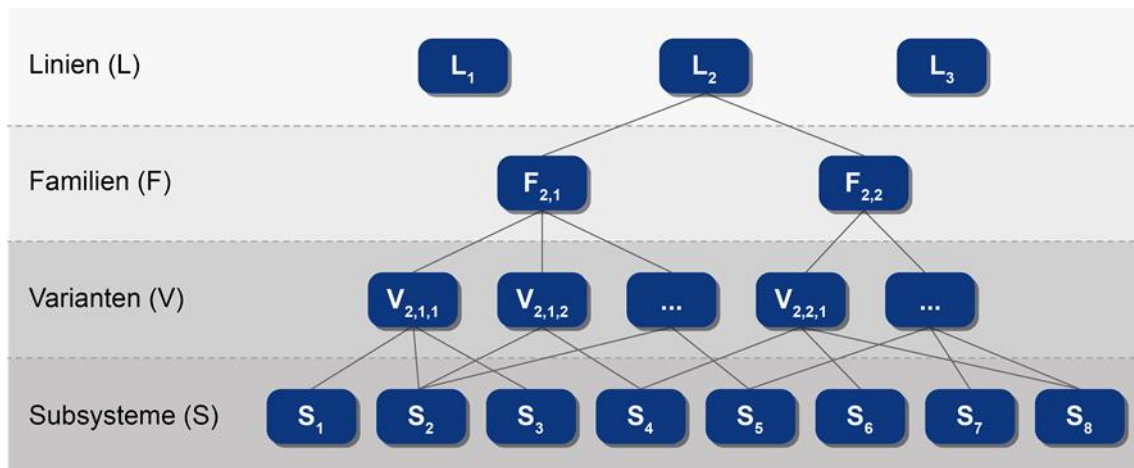


Bild 2: Strukturierung des Produktportfolios anhand der vier Ebenen Produktlinien, -familien, -varianten und Subsysteme

### 3.2 Weiterentwicklung des Produktportfolios

Aufbauend auf der Strukturierung wird im Folgenden die Weiterentwicklung des Produktportfolios betrachtet. Dabei geht es insbesondere darum, welche Unterschiede sich auf den identifizierten Ebenen des Produktportfolios zeigen.

Die befragten Unternehmen entwickeln ihr Produktportfolio parallel auf allen vier Ebenen weiter. Auf tieferen Ebenen finden eher kurzfristige Entwicklungsprojekte statt. Höhere Ebene zeichnen sich dagegen vor allem durch langfristige, eher strategische Projekte aus. Dies hat zur Folge, dass die Frequenz der Projekte auf tieferen Ebenen immer mehr zunimmt.

Passend dazu geben die Interviewpartner die Beeinflussbarkeit des Produktprofils auf den vier Ebenen an: Auf höheren Ebenen werden in der Regel Weiterentwicklungen geplant, die große Auswirkungen auf das Produktprofil besitzen. In der Folge werden weitreichende Gestalt- und Prinzipvariationen auf tieferen Ebenen notwendig. Zum Beispiel werden sich Weiterentwicklungen einer Produktlinie signifikant auf die darunter liegenden Produktfamilien und -varianten sowie auf etliche Subsysteme auswirken. Passend zur hohen Beeinflussbarkeit des Produktprofils nannten die Interviewpartner hier auch die sogenannten *disruptiven* Innovationen, welche vor allem auf den hohen Ebenen des Produktportfolios verfolgt werden.

Im Gegensatz dazu werden die tieferen Ebenen des Produktportfolios vor allem durch *inkrementelle* Verbesserungen geprägt. Auf diesen Ebenen geht es z. B. um die Abstellung von konkreten Fehlerursachen oder die Berücksichtigung einer spezifischen Kundenerwartung. Dafür werden einzelne Subsysteme des Produkts verändert, aber in der Regel nicht das gesamte Konzept oder das Nutzenversprechen des Produkts.

Die Auslöser für den Start eines neuen Entwicklungsprojekts sind auf allen Ebenen gleich: neue technologische Möglichkeiten (Technology Push), neue Kundenerwartungen (Market Pull) sowie neue oder veränderte Regularien.

Bild 3 visualisiert die Ausführungen zur Weiterentwicklung des Produktportfolios.

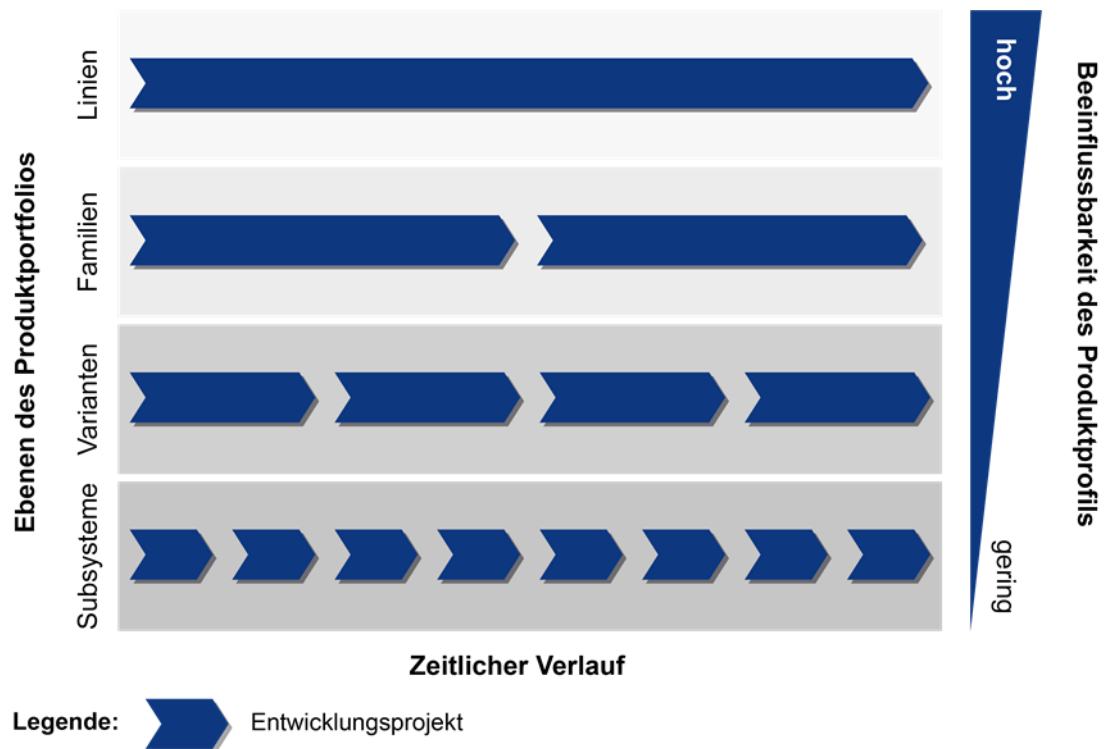


Bild 3: Parallele Weiterentwicklung des Produktportfolios auf vier Ebenen im zeitlichen Verlauf

### 3.3 Aufgabenschwerpunkte bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios

Im vorherigen Abschnitt haben sich auf den vier Ebenen des Produktportfolios signifikante Unterschiede bei der Weiterentwicklung gezeigt. Im Folgenden wird beschrieben, wie sich diese Unterschiede im Produktentstehungsprozess äußern. Dabei werden in Anlehnung an GAUSEMEIER et al. vier Aufgaben unterschieden: Potentiale finden, Ideen finden, Geschäft planen und Produkt entwickeln [GDE+19].

Die Weiterentwicklung des Produktportfolios als Ganzes geschieht laut den Interviewpartnern weitgehend von abstrakt zu konkret, also von den Produktlinien über die Produktfamilien und -varianten bis hin zu den Subsystemen.

Übergreifende **Potentiale** zur Weiterentwicklung der Produkte (z. B. neue Technologien, Trends) werden schwerpunktmäßig auf Produktlinien-Ebene identifiziert. Diese Potentiale geben die Stoßrichtung für die Weiterentwicklung des Produktportfolios vor. Spezifischere Potentiale, die statt der ganzen Linie nur Teile davon ansprechen, werden auf Produktfamilien-Ebene ermittelt.

**Ideen** zur Erschließung der Potentiale und der damit einhergehenden Verbesserung der Produkte werden vor allem auf Produktfamilien-Ebene gesucht. Damit sollen insbesondere Synergieeffekte für die z. T. zahlreichen Varianten erzielt werden. Sehr allgemeine Ideen, die eng an bestimmte Potentiale auf Produktlinien-Ebene geknüpft sind, können jedoch auch dieser Ebene entstehen. Außerdem werden Ideen zum Teil auch auf Produktvarianten-Ebene gesucht, vor allem wenn ein sehr intensiver Kontakt mit Kunden und Nutzern der Produktvariante besteht.

Die **Geschäftsplanung** findet zunächst auf Produktfamilien-Ebene statt. Der Schwerpunkt dieser Aufgabe liegt jedoch auf der Produktvarianten-Ebene, da für jede Variante ein Geschäftsmodell und ein Geschäftsplan erarbeitet werden müssen. Die Erarbeitung dieser Artefakte sowie deren Plausibilität werden zum Teil über Analysen auf der Subsystem-Ebene abgesichert.

Die abschließende Konkretisierung der Produkte im Sinne der **Produktentwicklung** geschieht schwerpunktmäßig auf Subsystem-Ebene. Strikte Kapazitäts- und Budgetbeschränkungen veranlassen die Unternehmen, Aufwände durch die Nutzung von Synergieeffekten auf Produktvarianten-Ebene zu reduzieren.

Die beschriebenen Ergebnisse sind in Bild 4 als Heatmap dargestellt.

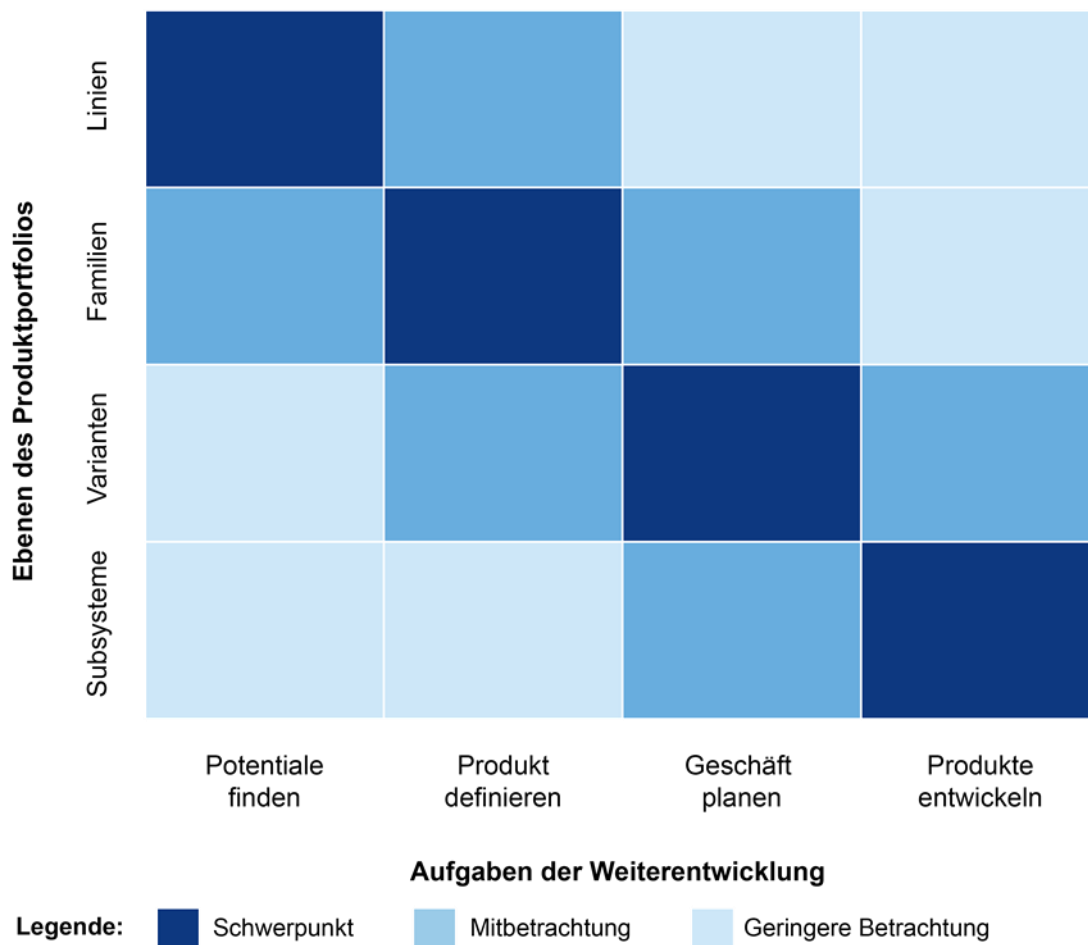


Bild 4: Aufgabenschwerpunkte auf den vier Ebenen des Produktportfolios

### 3.4 Entwicklung in Produktgenerationen

Die Entwicklung neuer Produktgenerationen erfolgt vor allem auf Produktfamilien-Ebene. Neue Produktgenerationen zeichnen sich laut der Interviewpartner stets durch eine höhere Leistungsfähigkeit im Vergleich zur Vorgängergenerationen aus. Neben neuen Technologien und Kundenerwartungen wirken dabei insbesondere auch neue oder veränderte gesetzliche Vorschriften als Auslöser für eine neue Generation (z. B. in der Medizintechnik).



Je weiter eine Produktgeneration in der Zukunft betrachtet wird, desto unschärfer ist das Bild der Generation. Dies liegt insbesondere an zwei Punkten: Zum einen vergrößert sich der Lösungsraum für eine neue Produktgeneration infolge des erweiterten Planungshorizonts. Dieser bietet Entwicklern mehr Gestaltungsfreiheiten. Zum anderen steigen jedoch auch die Unsicherheiten im Hinblick auf die tatsächliche Leistungsfähigkeit und die Realisierbarkeit der neuen Produktgeneration. Dies führt zu einer immer größer werdenden Unwägbarkeit von Leistungsfähigkeit und Markteintritt aufeinander folgender Produktgenerationen. Aus diesem Grund betrachten die Interviewpartner eine Vorausplanung von mehr als zwei Produktgenerationen als nicht sinnvoll oder sogar unmöglich (wenn z. B. die Time-in-Market sehr lang oder zumindest deutlich länger als die Time-to-Market ist). Bild 5 veranschaulicht die Ausführungen zur Entwicklung in Produktgenerationen.

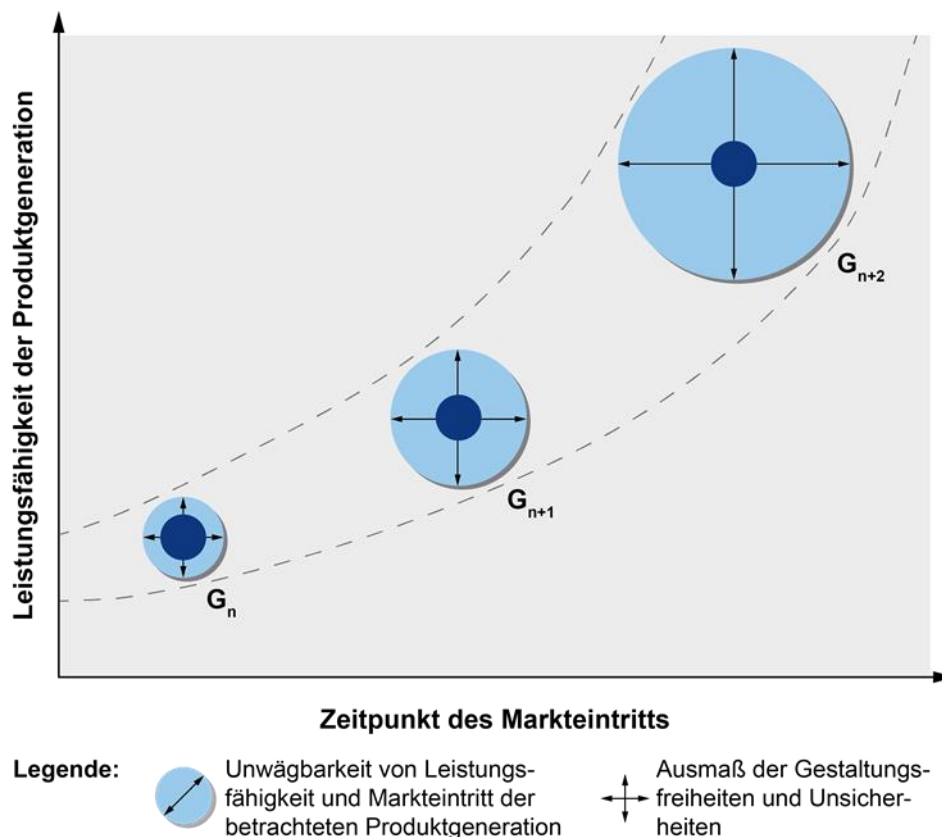


Bild 5: Zunehmende Leistungsfähigkeit aufeinander folgender Produktgenerationen sowie damit verbundene Erhöhung der Gestaltungsfreiheiten und Unsicherheiten

#### 4 Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Interviewstudie nacheinander dem Stand der Forschung gegenübergestellt und interpretiert. Darauf aufbauend werden Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios abgeleitet.

## 4.1 Diskussion der Ergebnisse zur Strukturierung des Produktportfolios

Die Interviewergebnisse beschreiben die Strukturierung von Produktportfolios anhand von vier Ebenen: Produktlinien, -familien, -varianten und Subsysteme. Dies spiegelt im Wesentlichen den Stand der Forschung wider. Beispielsweise definieren KRAUSE und GEBHARDT das Produktionsprogramm eines Unternehmens als die Zusammenfassung aller Produktlinien. Eine Produktlinie wiederum setzt sich aus Produktfamilien zusammen, die durch ähnliche Anwendungsbereiche, Funktionen oder Produktionsverfahren verbunden sind. Eine Produktfamilie fasst alle parallel angebotenen Varianten eines Produkts zusammen. Letztere grenzen KRAUSE und GEBHARDT von den sog. Komponentenvarianten ab, die der Konfiguration der Produktvarianten dienen [KG18]. Eine fast identische Strukturierung nutzt KISSEL: Er unterscheidet Produktlinien, Produktfamilien, Produktvarianten sowie Baugruppen und Bauteile [Kis14].

Der Vergleich der Interviewergebnisse mit den aufgeführten Modellen zeigt, dass der **Stand der Forschung die Strukturierung von Produktportfolios in der Praxis zuverlässig abbildet**. Sogar der uneinheitliche Sprachgebrauch auf der untersten Ebene findet sich mit den Begriffen „Komponenten“, „Baugruppen“ und „Bauteile“ im Stand der Forschung wieder. Mit der in Kapitel 3.1 getätigten Festlegung auf den Begriff „Subsysteme“ werden diese unpräzisen Begriffe umgangen.

Es stellt sich die Frage, welche Auswirkungen diese Struktur auf die zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios hat. Dabei ist insbesondere interessant, wie sich Variationen auf einer Ebene des Produktportfolios auf die Ebenen darüber und darunter auswirken.

Durch die Anordnung in Form einer Baumstruktur kann angenommen werden, dass sich **Variationen auf einer Ebene auf alle darunter liegenden Ebenen auswirken**. Zum Beispiel erfordert die Weiterentwicklung einer Produktfamilie auch eine Weiterentwicklung der zugehörigen Produktvarianten sowie der Subsysteme.

Die Auswirkungen von Variationen auf einer Ebene auf die darüber liegenden Ebenen erfordern hingegen eine differenziertere Betrachtung. Zunächst gilt grundsätzlich, dass **Variationen auf Subsystem-Ebene für den Anbieter immer Auswirkungen auf die Produktvarianten-Ebene haben**, da die betroffenen Produktvarianten aus eben diesen Subsystemen bestehen. Für Kunden und Anwender sind Auswirkungen auf die Produktvariante dann wahrnehmbar, wenn die Variation das Produktprofil verändert (z. B. durch neue Features). Ansonsten ist die Variation für Kunden und Anwender unerheblich.

**Auswirkungen auf die Ebenen der Produktfamilien und -linien sind dagegen nicht deterministisch**; hinter ihnen stehen strategische Entscheidungen. Häufig werden Produktfamilien und -linien unverändert bleiben (z. B. führt eine leistungsstärkere Sportwagen-Variante nicht zu einer Variation der Produktfamilie Sportwagen).

Jedoch können Variationen eines Subsystems die betroffenen Produktvarianten auch so verändern, dass sich **neue Anwendungsgebiete für das Produkt** abzeichnen. Dies kann ein Unternehmen zum Beispiel nutzen, um eine neue Produktlinie aufzusetzen, die technisch hohe Ähnlichkeiten mit der alten Linie hat, aber das neue Anwendungsgebiet adressiert. Variationen auf Subsystem-Ebene können Unternehmen also auch neue Geschäftsfelder eröffnen. Aufgrund der

hohen Auswirkungsstärke solcher Entscheidungen benötigen Unternehmen eine geeignete methodische Unterstützung.

## 4.2 Diskussion der Ergebnisse zur Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die Aussagen der Interviewpartner zeigen, dass Entwicklungsprojekte auf tieferen Ebenen kürzer dauern und in einer höheren Frequenz durchgeführt werden als auf höheren Ebenen. Außerdem fallen Produktveränderungen auf höheren Ebenen deutlich umfangreicher aus als auf tieferen Ebenen.

Diese Zusammenhänge lassen sich auch auf den **Planungsebenen der Unternehmensführung** wiederfinden. Auf der strategischen Ebene werden langfristige Projekte durchgeführt, z. B. die Erarbeitung einer Unternehmensstrategie. Die taktische Ebene befasst sich mit der mittelfristigen Planung. Das Tagesgeschäft wird auf der operativen Ebene behandelt [WD10].

Übertragen auf die Ergebnisse der Interviewstudie bedeutet das: Insbesondere den Ebenen der Produktlinien und -familien kommt eine **hohe strategische Bedeutung** zu. Sie geben die Stoßrichtung für die Aktivitäten auf den tieferen Ebenen vor. Jede Veränderung auf diesen Ebenen hat große Auswirkungen auf die zahlreichen Produkte und Subsysteme, die in den Linien und Familien gebündelt sind.

Im Gegensatz dazu werden die tieferen Ebenen, insb. die Subsystem-Ebene, vom **operativen Geschäft** geprägt. An dieser Stelle werden die gegenwärtigen Probleme behandelt, zum Beispiel Fehlermeldungen oder Beschwerden. Diese erfordern in der Regel einen schnellen Eingriff. Die in der Praxis oft anzutreffende Dominanz des Tagesgeschäfts kann dabei den strategisch bedeutsamen Handlungsbedarfen im Weg stehen, die von höheren Ebenen auf tiefere heruntergebrochen werden.

Vor diesem Hintergrund erscheint es essentiell, die **Synchronisierung der Ebenen** sowie die **Ausrichtung** aller Ebenen **auf ein gemeinsames Ziel** stetig voranzutreiben. Dabei müssen auch etwaige Latenzen beachtet werden, die sich bei der schrittweisen Konkretisierung strategischer Aspekte auf tieferen Ebenen ergeben können.

## 4.3 Diskussion der Ergebnisse zu den Aufgabenschwerpunkten bei der Weiterentwicklung des Produktportfolios

Die Interviewergebnisse zeigen, dass die Weiterentwicklung des Produktportfolios in der Praxis von der Produktlinien-Ebene über die Produktfamilien- sowie die Produktvarianten-Ebene bis zur Subsystem-Ebene erfolgt. Potentiale werden schwerpunktmäßig auf Linienebenen identifiziert, während Ideen zur Erschließung der Potentiale primär auf Produktfamilien-Ebene gesucht werden. Die Geschäftsplanung erfolgt zunächst auf Produktfamilien-Ebene, wird jedoch im Anschluss für jede Variante ausgeprägt. Die Konkretisierung der Produkte in Form der Entwicklungsaktivitäten wird abschließend auf Subsystem-Ebene vollzogen.

Eine solche Zuordnung zwischen Produktportfolio-Ebenen und Aufgaben wird **im Stand der Forschung nicht beschrieben**. GAUSEMEIER et al. empfehlen die Suche nach den Erfolgspotentialen der Zukunft – explizit auch über das eigene Produktportfolio hinaus. Die Fokussierung des Produktportfolios geschieht erst in der Produktfindung: Hier sollen Ideen und Anforderungen für Produkte erarbeitet werden, die die identifizierten Potentiale erschließen. Im Rahmen der Geschäftsplanung werden die Varianten des Produkts innerhalb der Produktstrategie festgelegt. Diese werden anschließend im 2. Zyklus des Modells entwickelt [GDE+19].

ULRICH und EPPINGER verknüpfen die Identifizierung von Chancen stärker mit dem zu entwickelnden Produkt, indem sie eine Chance als eine Idee für ein neues Produkt definieren. Dabei können Ideen sowohl aus Kundenbedarfen als auch aus technischen Lösungen hervorgehen [UE16]. Nach der Identifizierung von Chancen schlagen sie vor, in einem Produktplan festzulegen, ob und wann eine neue Produktfamilie, eine neue Produktgeneration oder eine neue Variante des betroffenen Produkts entwickelt werden soll. Der Produktplan bildet daraufhin den Ausgangspunkt für die Entwicklung [UE16].

ALBERS et al. verorten die Suche nach Produktprofilen (Modell eines Nutzenbündels von Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen), das Ermitteln von Ideen sowie die weiteren Entwicklungsschritte (z. B. die Modellierung einer Prinziplösung und die Erschaffung von Prototypen) auf der Produktgenerations-Ebene [ARB+16]. Damit werden alle durchzuführenden Schritte zunächst auf einer gemeinsamen Ebene betrachtet; ein Wechsel der Betrachtungsebene wird nicht vorgegeben.

Die Erkenntnisse der Interviewstudie gehen somit über den Stand der Forschung hinaus und bilden den **Ausgangspunkt für weitergehende Überlegungen**: Die identifizierten Aufgabenschwerpunkte zeigen klar auf, welche Aufgaben auf welchen Ebenen primär bearbeitet werden sollten. Umgekehrt deuten die Ergebnisse jedoch auch an, welche Felder **eher selten oder nur in geringerem Umfang** zu bearbeiten sind. So erscheint es nach Ansicht der Ergebnisse beispielsweise zunächst ratsam, die Subsystem-Ebene bei der Suche nach Potentialen auszuklammern. Diese Interpretation ist jedoch kritisch zu hinterfragen, da eine pauschale Vernachlässigung eines Feldes dazu führen kann, dass eigentlich offensichtliche und vielversprechende Erfolgspotentiale nicht erschlossen werden. Um dieser Gefahr entgegenzuwirken, sollten auch weniger fokussierte Felder regelmäßig und mit vertretbaren Aufwänden untersucht werden.

Da die Kosten größtenteils sehr früh im Innovationsprozess festgelegt werden [WD06], sollten **Einsparpotentiale** bereits bei der Betrachtung der Produktlinien und -familien mitgedacht werden, z. B. durch die Erschließung von Synergiepotentialen. Geschieht dies nicht, werden sich die Kostentreiber über die Produktvarianten- bis in die Subsystem-Ebene durchziehen und damit das gesamte Produktportfolio belasten.

Den größten Einfluss auf den **marktseitigen Erfolg** eines Produkts üben derweil die Produktfamilien- und die Produktvarianten-Ebenen des Produktportfolios aus. Auf diesen Ebenen werden Produktstrategien, Geschäftsmodelle sowie Geschäftspläne erarbeitet und bis zur Fertigstellung konkretisiert. Diese Aktivitäten der Geschäftsplanung sind die Grundvoraussetzung, um eine Invention am Markt erfolgreich und damit zu einer Innovation zu machen [GDE+19].

Abschließend kann festgestellt werden, dass **die identifizierten Erfolgspotentiale** nicht nur die Produktlinien beeinflussen, sondern vielmehr **auf das gesamte Produktportfolio einwirken** – bis hin zur Subsystem-Ebene. So müssen beispielsweise zahlreiche Subsysteme eines Kraftfahrzeuges weiterentwickelt werden, um die Potentiale von Megatrends (z. B. Nachhaltigkeit, Digitalisierung) zu erschließen. Diese überarbeiteten Subsysteme realisieren die Weiterentwicklung sowohl der Produktvarianten als auch der gesamten Produktfamilie. Damit lösen die Erfolgspotentiale auf allen Ebenen des Produktportfolios Entwicklungsbedarfe aus, die ihrer eigenen Erschließung dienen. Entsprechend erscheint eine ganzheitliche Betrachtung der Auswirkungen von Potentialen und Trends auf allen Ebenen des Produktportfolios erfolgsscheidend.

#### 4.4 Diskussion der Ergebnisse zur Entwicklung in Produktgenerationen

Aus den Interviews geht hervor, dass die Entwicklung einer neuen Produktgeneration auf Produktfamilien-Ebene erfolgt und stets durch eine deutliche Leistungssteigerung von einer Generation zur nächsten gekennzeichnet ist. Neben Technology Push- und Market Pull-Faktoren wirken insbesondere neue oder veränderte Regularien als Treiber. Je weiter eine neue Produktgeneration dabei in der Zukunft betrachtet wird, desto weniger genau kann diese charakterisiert und beschrieben werden. Die Folge davon sind mit dem Planungshorizont zunehmende Gestaltungsfreiheiten sowie Unsicherheiten.

Die Entwicklung von Produkten in Produktgenerationen wird von ALBERS im **Modell der PGE** beschrieben. Die Leistungssteigerung einer neuen Produktgeneration hängt dabei von den Anteilen an Übernahme-, Gestalt- und Prinzipvariationen ab. Hohe Übernahmeanteile aus Vorgängergenerationen führen tendenziell zu geringen Leistungssteigerungen, da die beiden Produktgenerationen sehr hohe Ähnlichkeiten aufweisen. Hohe Prinzipvariationsanteile gegenüber der Vorgängergeneration ermöglichen hingegen große Leistungssprünge, da sich wesentliche Bestandteile des Produkts grundlegend verändern und durch leistungsstärkere Lösungsverfahren ersetzt werden können. Somit kann durch die Vorgabe von Variationsanteilen beeinflusst werden, welche Leistungssteigerungen möglich sind und wie viel Risiko bei der Entwicklung einer neuen Produktgeneration eingegangen werden soll [ARB+17].

Die mit dem Planungshorizont zunehmenden **Gestaltungsfreiheiten und Unsicherheiten** bedeuten für Führungskräfte Chancen und Risiken zugleich: Auf der einen Seite können neue Features und Funktionen bewusst in aufeinander aufbauenden Produktgenerationen eingeplant werden. Dies verringert den Entwicklungsaufwand einer einzelnen Produktgeneration und sichert Begeisterungsmerkmale für zukünftige Generationen. Auf der anderen Seite sind weder marktseitige noch technologische Entwicklungen mit Sicherheit vorhersagbar. Zum Beispiel könnte ein geplantes Feature einer bestimmten Produktgeneration nicht rechtzeitig marktfähig sein, weil die Entwicklung länger als geplant dauert. Ebenso könnten marktseitige oder technologische Entwicklungen gänzlich andere Lösungskonzepte erfordern und die bisherigen Planungen obsolet machen. Aus diesem **Spannungsfeld** von Gestaltungsfreiheiten und Unsicherheiten ergibt sich die Notwendigkeit, zukunftsrobuste Strategien zur Weiterentwicklung von Produktportfolios zu erarbeiten.

## 4.5 Ableitung von Handlungsbedarfen für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios

Aus der vorangegangenen Diskussion der Ergebnisse lassen sich mit Blick auf die zukunftsrobuste Weiterentwicklung des Produktportfolios zwei übergeordnete Handlungsbedarfe für die weitere Forschung ableiten:

- 1) **Entwicklung eines Beschreibungsmodells:** Aus den Interviews gehen zahlreiche Aspekte der Weiterentwicklung von Produktportfolios hervor, die mit dem Stand der Forschung nicht beschrieben werden können. Dazu zählen zum Beispiel Auswirkungen der parallelen Weiterentwicklung, Auswirkungen von Subsystem-Variationen auf höhere Ebenen sowie die Aufgabenschwerpunkte der Produktportfolio-Ebenen. Für eine Analyse und Weiterentwicklung der Produktentstehungsprozesse müssen diese Aspekte inhaltlich präzise und formal korrekt in Modellen abgebildet werden können. Aus diesem Grund wird ein Beschreibungsmodell benötigt, das eine unternehmensunabhängige Abbildung der zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios gewährleistet. Hilfreich könnte in diesem Zusammenhang auch die Entwicklung einer Ontologie sein, die zentrale Elemente erfasst und miteinander verknüpft.
- 2) **Entwicklung eines Referenzmodells:** Die Interviewergebnisse zeigen darüber hinaus auch, dass eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios Unternehmen vor zahlreiche Herausforderungen stellt. Zum Beispiel müssen Unternehmen die Weiterentwicklung des Produktportfolios auf allen Ebenen synchronisieren und auf ein gemeinsames Ziel ausrichten. Darüber hinaus existiert gegenwärtig noch kein Modell, welches Unternehmen ein Vorgehen zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios vorschlägt. Neben einem Beschreibungsmodell muss daher auch ein Referenzmodell entwickelt werden, welches die Hauptaufgaben der zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios identifiziert und miteinander verknüpft. Das Referenzmodell soll dabei einen Handlungsrahmen bilden für die methodische Ausgestaltung der zukunftsrobusten Weiterentwicklung des Produktportfolios.

## 5 Fazit

Der vorliegende Beitrag beantwortet die Frage, wie Unternehmen ihre Produktportfolios gegenwärtig weiterentwickeln und welche Handlungsbedarfe sich daraus im Hinblick auf eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios ergeben.

Aus den Interviews geht hervor, dass die Unternehmen die Weiterentwicklung Ihres Produktportfolios parallel auf den vier Ebenen Produktlinien, -familien, -varianten und Subsysteme vorantreiben. Dabei weisen Entwicklungen auf höheren Ebenen einen zunehmend langfristigen und strategischen Charakter auf. Im Hinblick auf die Aufgaben zur Weiterentwicklung des Produktportfolios lassen sich eindeutige Schwerpunkte feststellen: Während die Suche nach den Erfolgspotentialen der Zukunft zum Beispiel für ganze Produktlinien erfolgt, werden Geschäftsmodelle für die jeweiligen Produktvarianten ausgestaltet. Darüber hinaus konfrontiert die Entwicklung von zunehmend leistungsfähigeren Produktgenerationen die Unternehmen mit einem Spannungsfeld aus Unsicherheiten und Gestaltungsfreiheiten.

In Hinblick auf die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios werden folgende Schlüsse aus den Ergebnissen gezogen:

- 1) Zahlreiche von den Interviewpartnern genannte Aspekte zur Weiterentwicklung ihrer Produktportfolios sind im Stand der Forschung nicht berücksichtigt (z. B. die Aufgabenschwerpunkte auf den Ebenen des Produktportfolios). Eine inhaltlich präzise und formal korrekte Beschreibung der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios ist damit gegenwärtig nicht möglich.
- 2) Die Weiterentwicklung von Produktportfolios konfrontiert Unternehmen mit zahlreichen Herausforderungen (z. B. die Synchronisierung von Entwicklungsprojekten auf den vier Ebenen des Produktportfolios). Gegenwärtig gibt es im Stand der Forschung noch keine ganzheitliche Methodik, um diesen Herausforderungen zu begegnen.

Auf Basis dieser Schlussfolgerungen können zwei Handlungsbedarfe für eine zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios abgeleitet werden: Es wird ein Beschreibungsmodell benötigt, das die zukunftsrobuste Weiterentwicklung von Produktportfolios unternehmensunabhängig abbilden kann. Außerdem muss ein Referenzmodell entwickelt werden, das die prinzipielle Vorgehensweise zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios beschreibt.

Die wissenschaftliche Bedeutung dieses Beitrags wird insbesondere durch zwei Aspekte hervorgehoben. Zum einen erweitern die Erkenntnisse der Interviewstudie den Stand der Forschung zur zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios. Dabei decken sie zahlreiche Lücken auf, die von bestehenden Ansätzen der Produktentwicklung gar nicht oder nur unzureichend adressiert werden. Zum anderen stellen die aus den Erkenntnissen abgeleiteten Handlungsbedarfe direkte Anknüpfungspunkte für die weitere Forschung dar. Auf deren Basis wird die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios strukturiert. Außerdem gewähren sie einen Ausblick auf zukünftige Schwerpunkte des Themenfeldes.

Weitere Forschungsbedarfe ergeben sich aus den Limitationen der Studie. Zunächst ist festzuhalten, dass im Rahmen der Interviewstudie primär Unternehmen und Konzerne mit mehreren zehntausend Mitarbeitern betrachtet wurden. Die Ergebnisse weisen daher eine hohe Aussagekraft für Großunternehmen auf. Inwiefern sie sich auch auf kleine und mittlere Unternehmen übertragen lassen, kann im Rahmen der durchgeführten Studie nicht beantwortet werden. Zukünftige Studien sollten insofern die Weiterentwicklung von Produktportfolios in kleinen und mittleren Unternehmen betrachten, um sowohl allgemeingültige als auch spezifische Aussagen über die Weiterentwicklung von Produktportfolios in Unternehmen unterschiedlicher Größenordnungen zu ermöglichen.

Darüber hinaus wurde im Rahmen der vorliegenden Interviewstudie nicht explizit zwischen den Tätigkeitsbereichen der Entwicklung unterschieden, z. B. Vorentwicklung und Serienentwicklung oder Baukasten- und Plattformentwicklung. Unter anderem kann angenommen werden, dass die Vorentwicklung dank längerer Planungshorizonte und größerer Gestaltungsfreiheiten einen erheblich größeren Einfluss auf das Produktportfolio ausüben kann als die Serienentwicklung. In weiteren Studien sollten diese Tätigkeitsbereiche genauer betrachtet und differenziert analysiert werden.

In Verbindung mit der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios sollten außerdem auch Ansätze für die zukunftsrobuste Gestaltung von Produktvarianten betrachtet werden. Zum Beispiel versuchen Ansätze wie „Design for Flexibility“ Produkte so zu gestalten, dass sie auch zukünftigen Anforderungen gerecht werden können und damit zukunftsrobust sind. Bei Investitionsgütern hat sich das sog. Retrofitting etabliert, bei dem ältere Investitionsgüter modernisiert und damit leistungsstärker gemacht werden. Derartige Maßnahmen können auch neue Anforderungen adressieren und damit die Lebensdauer der Investitionsgüter weiter erhöhen. In zukünftigen Untersuchungen sollte daher auch analysiert werden, welche Wechselwirkungen zwischen den genannten Aspekten und der zukunftsrobusten Weiterentwicklung von Produktportfolios bestehen.

## Literatur

- [ABW15] ALBERS, A.; BURSAC, N.; WINTERGERST, E.: Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, 2015
- [ARB+16] ALBERS, A.; REISS, N.; BURSAC, N.; RICHTER, T.: IPeM-Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering. *Procedia CIRP*, 50, 2016, S. 100–105
- [ARB+17] ALBERS, A.; RAPP, S.; BIRK, C.; BURSAC, N.: Die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, 2017
- [ARS+19a] ALBERS, A.; RAPP, S.; SPADINGER, M.; RICHTER, T.; BIRK, C.; MARTHALER, M.; HEIMICKE, J.; KURTZ, V.; WESSELS, H.: Das Referenzsystem im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung: Vorschlag einer generalisierten Beschreibung von Referenzprodukten und ihrer Wechselbeziehungen. *KIT Scientific Working Papers*, 96, Karlsruhe, 2019
- [ARS+19b] ALBERS, A.; RAPP, S.; SPADINGER, M.; RICHTER, T.; BIRK, C.; MARTHALER, F.; HEIMICKE, J.; KURTZ, V.; WESSELS, H.: The Reference System in the Model of PGE: Proposing a Generalized Description of Reference Products and their Interrelations. *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*, Delft, The Netherlands, 2019, S. 1693–1702
- [Coo08] COOPER, R. G.: Perspective: The Stage-Gate @ Idea-to-Launch Process—Update, What's New, and NexGen Systems. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 25, Nr. 3, 2008, S. 213–232
- [DAR+21] DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.; RIEDEL, O.; STARK, R.; GAUSEMEIER, J. (Hg.): *Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft – Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering*. Paderborn, 2021
- [GDE+19] GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, R.; ECHTERFELD, J.; PFÄNDER, T.; STEFFEN, D.; THIELEMANN, F.: *Innovationen für die Märkte von morgen – Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen*. Hanser, München, 2019
- [GL10] GLÄSER, J.; LAUDEL, G.: *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. 4. Auflage, Lehrbuch, VS Verlag, Wiesbaden, 2010
- [Kai14] KAISER, R.: *Qualitative Experteninterviews – Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung*. Lehrbuch, Springer VS, Wiesbaden, 2014
- [KG18] KRAUSE, D.; GEBHARDT, N.: *Methodische Entwicklung modularer Produktfamilien*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2018
- [Kis14] KISSEL, M. P.: *Mustererkennung in komplexen Produktportfolios*. Dissertation, Technische Universität München, München, 2014
- [LLL+15] LUTTIKHUIS, E. O.; LANGE, J. DE; LUTTERS, E.; KLOOSTER, R. TEN: Evolving Product Information in Aligning Product Development Decisions across Disciplines. *Procedia CIRP*, 29, 2015, S. 573–578



- [May15] MAYRING, P.: Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken. 12. Auflage, Beltz Verlag, Weinheim, 2015
- [UCE+20] UEMURA RECHE, A. Y.; CANGIOLIERI JUNIOR, O.; ESTORILIO, C. C. A.; RUDEK, M.: Integrated product development process and green supply chain management: Contributions, limitations and applications. *Journal of Cleaner Production*, 249, 2020
- [UE16] ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D.: Product design and development. 6th Edition, McGraw-Hill, New York, NY, 2016
- [WD06] WESTKÄMPER, E.; DECKER, M.: Einführung in die Organisation der Produktion. Springer-Lehrbuch, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2006
- [WD10] WÖHE, G.; DÖRING, U.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 24. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München, 2010

## Autoren

**Maurice Meyer, M.Sc.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Fachhochschule Bielefeld und Mechatronik an der Technischen Hochschule Köln. Seit 2018 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering von Prof. Dumitrescu. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Integration von Nutzungsdaten-Analysen in die strategische Produktplanung sowie in der Strategieentwicklung.

**Jan-Philipp Hemkentokrax, M.Sc.** studierte Betriebswirtschaftslehre mit Fachrichtung Innovationsmanagement und Marketing an der Universität Bayreuth. Am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe Advanced Systems Engineering. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der Ausgestaltung und dem Management von Innovationspartnerschaften zwischen etablierten Unternehmen und Startups.

**Dr.-Ing. Christian Koldewey** studierte Maschinenbau an der Universität Paderborn und der Fachhochschule Bielefeld mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik. Seit 2015 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn in den Fachgruppen Strategische Produktplanung und Systems Engineering von Prof. Gausemeier und Advanced Systems Engineering von Prof. Dumitrescu. Dort leitet er den Forschungsbereich Strategie & Innovation. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der strategischen Planung von Smart Services sowie der Geschäftsmodell- und Strategieentwicklung.

**Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu** studierte Mechatronik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im Anschluss war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentstehung am Heinz-Nixdorf-Institut der Universität Paderborn. Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier promovierte er 2010 im Bereich Systems Engineering für intelligente mechatronische Systeme. Er ist Direktor am Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM und Leiter der Fachgruppe Advanced Systems Engineering am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Produktentstehung intelligenter technischer Systeme. In Personalunion ist Prof. Dumitrescu Geschäftsführer des Technologienetzwerks Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe (it's OWL).

**Peter M. Tröster, M.Sc.** studierte Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit dem Schwerpunkt Produktentwicklung. Seit 2020 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am

IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Modellierung von Gestalt-Funktion-Zusammenhängen zur Analyse und Synthese neuer Variationen auf Basis der PGE – Produktgenerationsentwicklung.

**Christopher L. Kling, M. Eng.** studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Schwerpunkt Produktionsmanagement (B. Sc.) an der Hochschule Karlsruhe sowie dem Schwerpunkt Produktentwicklung (M. Eng.) an der Universität Auckland. Seit 2021 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management. Seine Forschungsschwerpunkte lagen im Bereich Early Prototyping und Additive Manufacturing in der PGE – Produktgenerationsentwicklung.

**Michael Schlegel, M.Sc.** studiert Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) mit dem Schwerpunkt Produktentwicklung. Seit 2020 ist er wissenschaftliche Hilfskraft am IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und -management. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der PGE – Produktgenerationsentwicklung.

**Dr.-Ing. Simon Rapp**, ist Post-Doc in der Forschungsgruppe Entwicklungsmethodik und Entwicklungsmanagement am IPEK, KIT. In seiner Dissertation hat er sich mit der empirisch basierten Planung, Steuerung und methodischen Unterstützung von Variationen auf Basis eines Referenzsystems im Modell der PGE beschäftigt.

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers** leitet das IPEK – Institut für Produktentwicklung am KIT. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen: (1) Strategien, Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung des Produktentwicklungsprozesses, (2) Fahrzeug- und Maschinenantriebssysteme und deren Komponenten mit Schwerpunkt Dimensionierung, Dynamik, NVH, Akustik und Komfort sowie Energieeffizienz, (3) Mechatronische Systeme sowie (4) Neue hochschuldidaktische Ausbildungskonzepte zur Vermittlung von Fachkompetenz und Professional Skills.