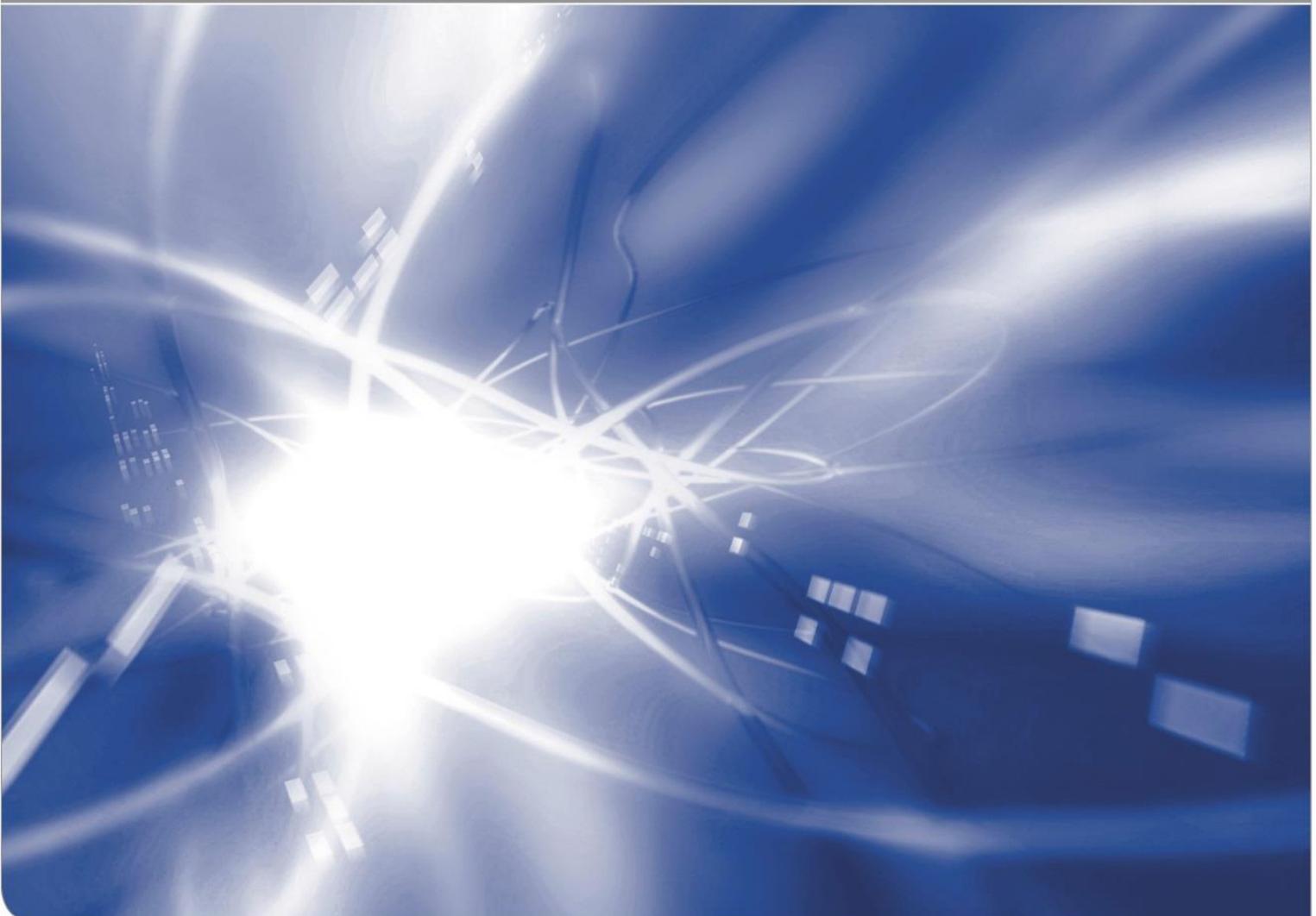


Eine Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung

**Generationsübergreifende Ableitung von Produktprofilen
zukünftiger Produktgenerationen durch strategische
Vorausschau**

Von Albert Albers, Florian Marthaler, Michael Schlegel,
Carsten Thümmel, Maximilian Kübler, Andreas Siebe

KIT SCIENTIFIC WORKING PAPERS 186



IPEK Institut für Produktentwicklung
Kaiserstr. 10
76131 Karlsruhe
<http://www.ipek.kit.edu/index.php>

Impressum

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
www.kit.edu



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung –
Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz (CC BY-SA 4.0):
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

2022

ISSN: 2194-1629

Eine Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung: Generationsübergreifende Ableitung von Produktprofilen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau

**Prof. Dr.-Ing. Albert Albers, Dr.-Ing. Florian Marthaler,
M.Sc. Michael Schlegel, M.Sc. Carsten Thümmel,
M.Sc. Maximilian Kübler, Prof. Dr.-Ing. Andreas Siebe**
Institut für Produktentwicklung (IPEK)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Kaiserstr. 10, 76131 Karlsruhe

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

E-Mail: albert.albers@kit.edu, Florian.Marthaler@boom-investment.de,
michael.schlegel@kit.edu, carsten.thuemmel@kit.edu,
maximilian.kuebler@kit.edu, siebe@zukunftsingenieur.de

Die im Folgenden vorgestellten Erkenntnisse zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung wurden in einer Forschungsgruppe am IPEK – Institut für Produktentwicklung erforscht. Ziel dieser Publikationen ist es, die dabei generierten Forschungserkenntnisse anwendungsgerecht in einer sehr kompakten Form für die Industrie zu beleuchten. Es sei in diesem Zusammenhang ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Kompaktversion die im Forschungsbericht von Dr.-Ing. Florian Marthaler diskutierten Ergebnisse zusammenfasst und diese in den Kontext der Karlsruher Schule für Produktentwicklung stellt. Für tiefergehende Einblicke sei auf diese Forschungsarbeit verwiesen. (Marthaler 2021b)

1 Einleitung

Die Zukunft lässt sich nicht vorhersagen. Eine Betrachtung über die Zukunft des Mobilitätssystems im urbanen Raum, könnte beispielsweise, wie in Abbildung 1 gezeigt wird, aussehen.



Abbildung 1: Modellierungen möglicher Zukünfte des Mobilitätssystems von morgen (Bosch; Hyundai; Zukunft-Mobilität)

Alle diese Zukünfte sind potentiell möglich. Um Produkte zu entwickeln, die in diesen verschiedenen Zukünften möglichst erfolgreich sind, ist es notwendig, sich mit diesen alternativen Zukünften systematisch auseinanderzusetzen: Es gilt zu verstehen, welche Bedürfnisse mit den verschiedenen Zukünften einhergehen und welche Ziele und Anforderungen sich damit an die Produkte von morgen ableiten lassen. Um potentielle Anforderungen zu identifizieren, hält der Stand der Forschung für die Produktentwicklung verschiedene Instrumente bereit. Diese Instrumente werden in dieser Forschungsarbeit eingesetzt, um potentielle Ziele und Anforderungen von Morgen zu identifizieren und zu priorisieren.

2 Grundlagen und Stand der Forschung

2.1 Instrumente zur Vorausschau

Nach Fink und Siebe (2011) können Instrumente zur Vorausschau, wie in Abbildung 2 dargestellt, in drei Ebenen kategorisiert werden. Die Einteilung erfolgt nach deren jeweiligen Zeithorizonten in kurzfristig, mittelfristig und langfristig. Die Grenzen zwischen den Kategorien sind fließend.

Prognosen sind lineare Fortschreibungen quantitativer Werte aus der Vergangenheit über die Gegenwart bis in die nahe Zukunft. Mithilfe dieser können Aussagen zu Sachverhalten mit kurzem Zeithorizont getroffen werden (Fink und Siebe 2016). Ein Beispiel für eine Prognose ist, dass die Hochlaufkurve reiner E-Autos steiler verlaufen wird, als dies noch bis vor kurzem erwartet wurde.

Trends beschreiben eindimensionale Zukunftsentwicklungen, die in der Gegenwart als besonders relevant eingeschätzt werden (Horx 1998). Im Allgemeinen adressieren Trends einen längeren Zeithorizont als Prognosen und werden daher für mittelfristige Aussagen zu Zukunftsentwicklungen eingesetzt (Fink und Siebe 2016). Ein Beispieltrend ist der zunehmende Einsatz von KI in allen Bereichen.

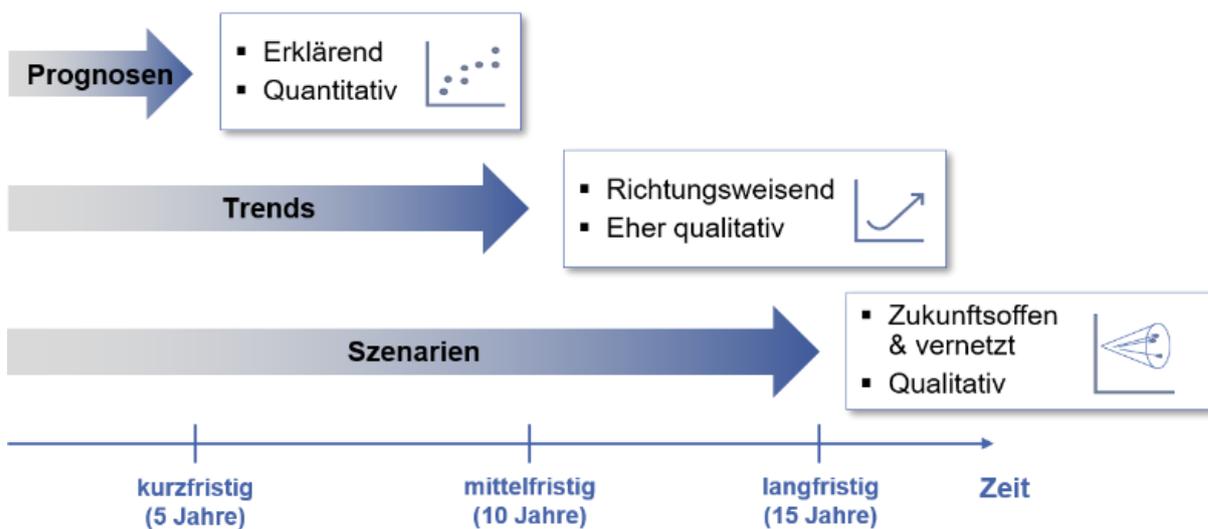


Abbildung 2: Ebenen der Vorausschau nach Fink und Siebe (2011)

Szenarien lösen sich von einer Gegenwartsbetrachtung und sind ein Mittel zur Darstellung möglicher Zukünfte (Durance und Godet 2012). Entsprechend stellen diese keine Vorhersagen dar, sondern schaffen eine Diskussionsgrundlage über denkbare Entwicklungen in der Zukunft (Sontheimer 1971). Szenarien sind konsistente Kombinationen möglicher alternativer und abgrenzbarer Entwicklungsmöglichkeiten unsicherer Schlüsselfaktoren (Fink et al. 2001). Der Umgang mit Szenarien stellt daher aufgrund deren Komplexität eine besondere Herausforderung dar.

Nach Börjeson et al. (2005) kann zwischen prädiktiven, normativen und explorativen Szenarien unterschieden werden. Als explorative Szenarien werden Szenarien bezeichnet, die den Zukunftsraum möglichst breit abdecken sollen, um zukünftige Zusammenhänge besser

verstehen zu können. Dieser Art von Szenarien wird in der Produktentwicklung aufgrund deren großen Breite eine besondere Bedeutung zugeschrieben. Bei den explorativen Szenarien wird weiter in Umfeld- und Strategieszzenarien unterschieden. Strategieszzenarien sind Szenarien, die von Unternehmen entwickelt werden, um alternative Strategien abzuleiten. Umfeldszenarien beschreiben durch eine Verknüpfung konsistenter Entwicklungsmöglichkeiten das potentielle Marktumfeld des zu entwickelnden Produkts, das jedoch durch Unternehmen nicht beeinflusst werden kann.

Für die Entwicklung von Szenarien existieren verschiedene Vorgehensweisen (Fink und Siebe 2011). Im deutschsprachigen Raum ist der Szenario-Prozess nach Gausemeier und Plass (2014) besonders verbreitet (siehe Abbildung 3). Dieser enthält die schrittweise Entwicklung von Szenarien in den fünf Phasen Szenario-Vorbereitung, Szenariofeld-Analyse, Szenario-Prognostik, Szenario-Bildung und Szenario-Transfer (Gausemeier und Plass 2014).

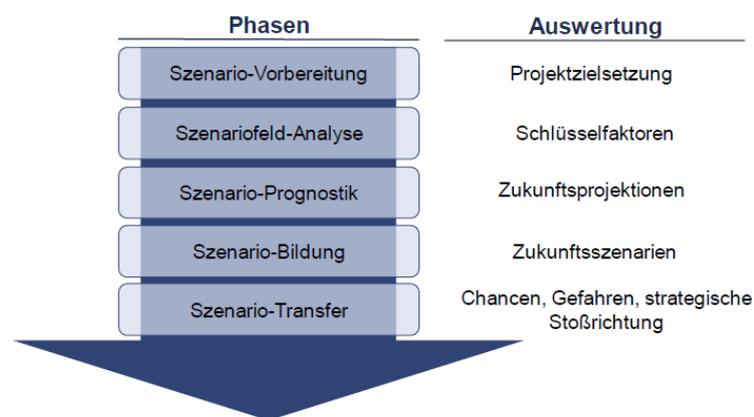


Abbildung 3: Phasen der Szenarioerstellung (Gausemeier und Plass 2014)

2.2 Innovationsverständnis im Kontext der Karlsruher Schule für Produktentwicklung KaSPRO und dem Modell der PGE - Produktgenerationsentwicklung

Für den Erfolg eines Unternehmens sind Innovationen unverzichtbar (Coskun Samli und Weber 2000). Ohne Innovationen ist keine Differenzierung und somit kein nachhaltiges Bestehen am Markt möglich (Johnes und Snelson 1988), da durch Innovationen ein bis dato noch nicht befriedigter Nutzen der Kunden und der Anwendenden durch neuartige Lösungen bedient wird (Coskun Samli und Weber 2000).

Das initiale Verständnis von Innovation ist auf Schumpeter (1934) zurückzuführen, welcher eine Innovation, als eine am Markt erfolgreich eingeführte Invention versteht (Schumpeter 1934). Albers et al. (2018b) erweitern dieses Verständnis mit der Erkenntnis, dass nur ein Produkt, welches alle relevanten Bedürfnisse der Kunden befriedigt, das Potenzial hat, sich auf dem Markt durchzusetzen und damit zur Innovation zu werden. Nach Albers et al. (2016) werden diese Bedürfnisse aus Sicht der Anbietenden, Anwendenden und der Kunden im sog. Produktprofil als lösungsoffenes Nutzenbündel abgebildet. Demnach ist eine Innovation ein identifiziertes Produktprofil, welches durch Berücksichtigung der Bedürfnisse von Anbietenden

und Kunden durch Inventionen realisiert wird und anschließend erfolgreich am Markt eingeführt wurde (siehe Abbildung 4).

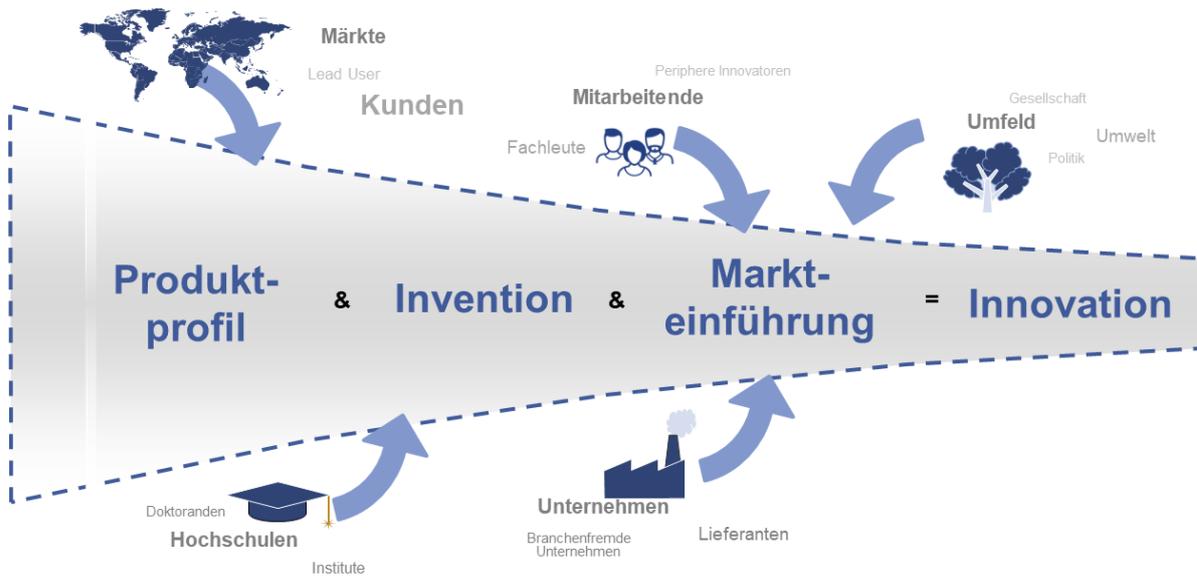


Abbildung 4: Innovationsverständnis nach Albers et al. (2018b)

Um Fehlentwicklungen zu vermeiden, ist die Identifikation und Validierung des Produktprofils zu Beginn des Entwicklungsprozesses unerlässlich (Albers et al. 2018a). Als Startpunkt der Produktentwicklung ist der notwendige, zu generierende Nutzen herauszuarbeiten. Dabei darf jedoch der Lösungsraum nicht durch Fixierung einer Umsetzungsart eingegrenzt werden. Hiermit wird mittels des Produktprofils das durch das Produkt zu adressierende Nutzenbündel bereits in frühen Phasen der Validierung, der zentralen Aktivität der Produktentstehung, zugänglich gemacht (Albers 2010).

Zur Realisierung von Produktprofilen sind folglich passende Inventionen durch Kreativarbeit zu finden und umzusetzen, die im Produktprofil begründet werden können und ein neuartiges Nutzenbündel abbilden. Gegenüber einer Entwicklung „auf dem weißen Blattpapier“ ist dies der einzige Weg, den wirtschaftlichen Erfolg früh sicherzustellen. Unter einem Produkt wird im Kontext der Karlsruher Schule für Produktentwicklung das Bündel aus dem Produktartefakt, einer Dienstleistung und ggf. auch dem Geschäftsmodell verstanden. Produkte sind dabei im Bereich des Fahrzeugbaus grundsätzlich als komplexe mechatronische Lösungen zu verstehen und denken. (Albers et al. 2020)

2.3 Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers

Dem beschriebenen Verständnis folgend werden Systeme und Produkte in Generationen entwickelt. Dieser Gedanke bildet den Kern des Beschreibungsmodells der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach Albers. Das Beschreibungsmodell stützt sich dabei auf zwei Grundhypothesen (Albers et al. 2015; Albers et al. 2019a) :

- Jede Entwicklung basiert auf einem Referenzsystem. Referenzen stellen beispielsweise Wettbewerbsprodukte oder Produkte vorheriger Generationen dar. Elemente

dieser Referenzen werden in ein Referenzsystem übernommen, welches Wechselbeziehungen zwischen Elementen abbilden kann.

- Ein neues System wird durch die drei Arten von Variationen: Übernahme-, Gestalt- und Prinzipvariation entwickelt.

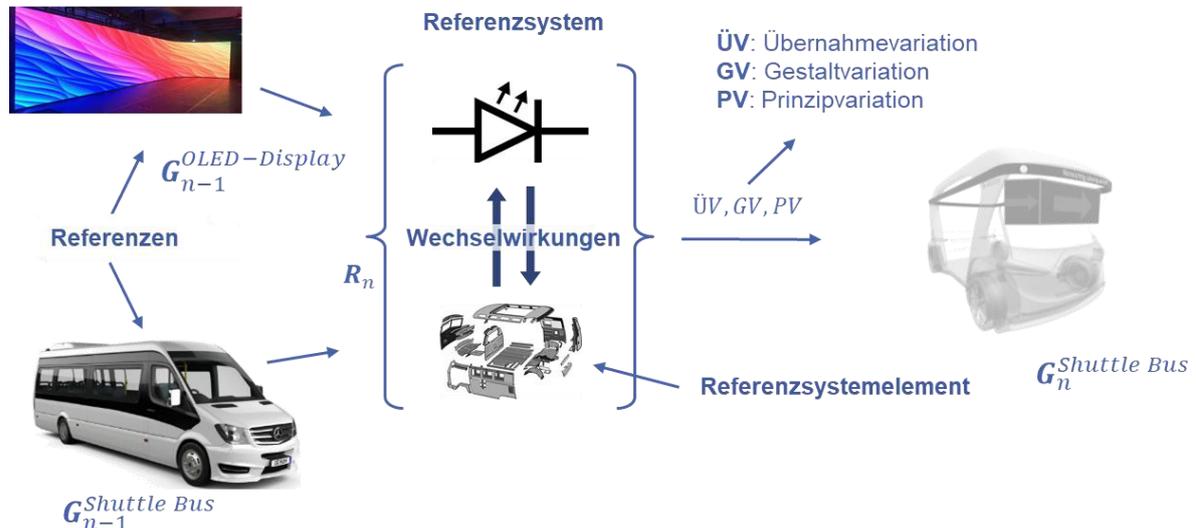


Abbildung 5: Das Referenzsystem nach dem Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung am Beispiel des Projektes „Integrierte Produktentwicklung“ mit der Robert Bosch GmbH (Darstellung nach (Albers et al. 2019b))

Dies lässt sich an dem gewählten Hintergrund von Mobilitätssystemen am Beispiel eines Shuttle Bus verdeutlichen. Im Kontext der Weiterentwicklung von komplexen Systemen wird hier das Modell der SGE – Systemgenerationsentwicklung aufgegriffen. (Albers und Rapp 2022) Die aktuell am Markt befindliche Produktgeneration trägt die Bezeichnung G_{n-1} (Abbildung 5 links) und stellt die Ausgangsbasis der Entwicklung der aktuell in der Entwicklung befindlichen Generation G_n (Abbildung 5 rechts) dar. Ausgewählte Elemente der Referenzprodukte werden in das Referenzsystem aufgenommen, wie beispielsweise das gebogene OLED-Display, welches die Sendung visueller Signale ermöglicht. Die Elemente stehen im Referenzsystem in gegenseitiger Wechselwirkung. Exemplarisch erfordert das Anbringen einer umlaufenden visuellen Kommunikationsmöglichkeit unter anderem die Anpassung der Fahrzeugarchitektur. In der aktuell in der Entwicklung befindlichen Generation G_n wird der Großteil der Fahrzeugarchitektur auf der Basis eines Elementes des Referenzsystems übernommen, sodass dieses als Basisreferenz verstanden werden kann. (Peglow et al. 2017)

Weiterhin kann über die Herkunft des Referenzsystemelements (RSE) gemeinsam mit dem Neuentwicklungsanteil das tendenzielle Entwicklungsrisiko abgeschätzt werden. Dabei wird bei der Herkunft der RSE nach unternehmensintern und -extern unterschieden. Externe Elemente werden danach differenziert, ob sie sich in der Forschung befinden, einer anderen Branche oder der gleichen Branche entstammen. Interne werden nach ihrem Ursprung aus dem Entwicklungsteam oder anderen Bereichen des Unternehmens unterschieden. (Albers et al. 2017)

3 Forschungsbedarf und Zielsetzung

Die Analyse des Stands der Forschung zeigt, dass durch Produktprofile denkbare, zukünftig relevante Entwicklungsumfänge lösungsoffen beschrieben werden können. Auf Basis des Modells der PGE ist weiterhin eine Beschreibung dieser Entwicklungsumfänge über mehrere Produktgenerationen möglich. Die daraus resultierende und zu beantwortende Frage ist, wie die zukünftig relevanten Produktprofile durch Vorausschau identifiziert und über die einzelnen Produktgenerationen priorisiert werden können. Im Wesentlichen muss entschieden werden, welche Produktprofile in welcher Produktgeneration, also zum Beispiel in G_n , G_{n+1} oder in G_{n+2} realisiert werden sollen (vergleiche Abbildung 6).

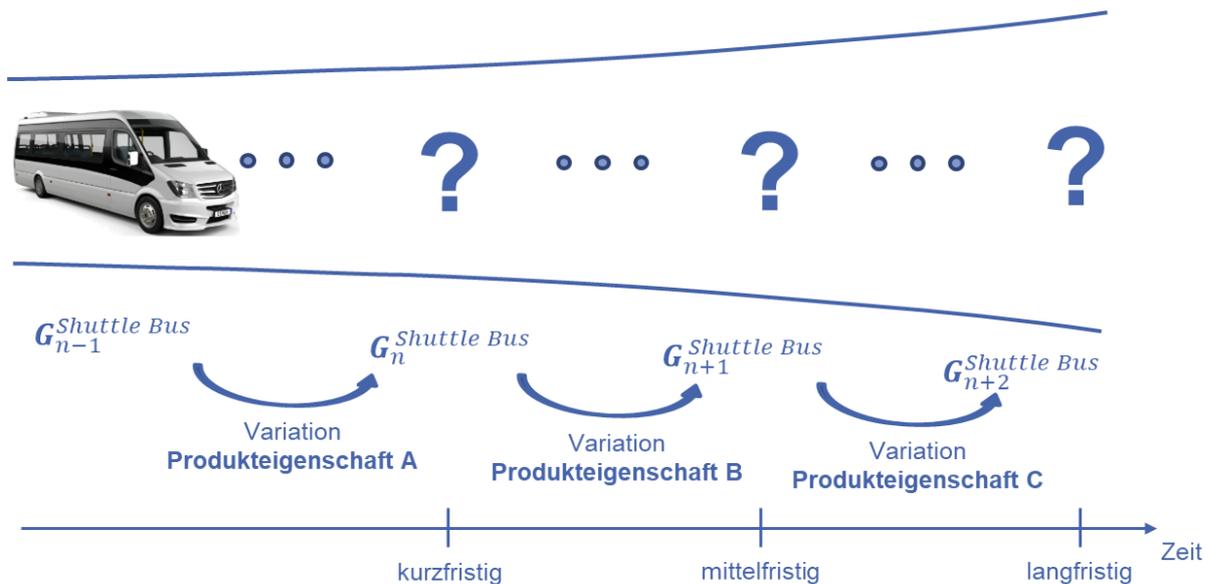


Abbildung 6: Generationsübergreifende Beschreibung möglicher Entwicklungsumfänge über einzelne Produktgenerationen (Marthaler 2021b)

Zur Beantwortung dieser Fragestellung sind die bestehenden Vorgehensmodelle aus der Domäne der Produktentwicklung zu analysieren. Diese Vorgehensmodelle sind in der neuen VDI 2221 zu finden (VDI 2221). Eine genaue Analyse dieser Vorgehensmodelle zeigt, dass nur zwei dieser Modelle Vorausschau unmittelbar in den Produktentstehungsprozess einordnen. Dies sind das Drei-Zyklen-Modell der Produktentstehung nach Gausemeier (2014), wobei Vorausschau im ersten Zyklus, der Strategischen Produktplanung als Potentialfindung verstanden wird, sowie das iPeM – Integriertes Produktentstehungsmodell nach Albers, in dem Vorausschau in der Aktivität *Profile finden* einzuordnen ist (Albers und Meboldt 2007). Beide Modelle lassen jedoch noch offen, wie genau und vor allem wie systematisch vorgegangen werden muss, um Vorausschau in der Produktentstehung generationsübergreifend einzusetzen.

Ziel der Forschung im Rahmen der KaSPro ist deshalb die Entwicklung einer Systematik zur Befähigung des Produktentwickelnden zur Identifikation von Produktprofilen mit hohem Innovationspotential durch Vorausschau sowie zur generationsübergreifenden Planung und Priorisierung.

4 Forschungsmethodik

Die Forschungsmethodik erfolgt entlang der Design Research Methodology nach Blessing und Chakrabarti (2009).

Zur Klärung des Forschungsgegenstandes erfolgt zunächst eine Analyse der Wechselwirkungen zwischen Produktentstehung und Vorausschau. Darauf aufbauend erfolgt eine erste deskriptive Studie, bei der die Ziele und Anforderungen an die zu entwickelnde Systematik erarbeitet und abgeleitet werden. In der präskriptiven Studie erfolgt die Entwicklung der Systematik.

In der zweiten deskriptiven Studie wird der Beitrag der Systematik zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung evaluiert. In Abbildung 7 sind die einzelnen Stadien, Ergebnisse und Forschungsfragen dargestellt.



Abbildung 7: Forschungsvorgehen und Forschungsfragen entlang DRM (Marthaler 2021a und 2021b)

5 Ergebnisse

5.1 Deskriptive Studie zur Ermittlung von Erfolgsfaktoren der zukunftsorientierten Produktentwicklung

Die erste deskriptive Studie ist in drei Teile strukturiert (siehe Abbildung 8). Zunächst wird eine Literaturanalyse mithilfe von Data Mining durchgeführt, darauf aufbauend erfolgen eine Befragung der Entwickelnden zur Identifikation von Bedarfen sowie eine abschließende Befragung von Fachkundigen zur Ermittlung von Erfolgsfaktoren.



Abbildung 8: Überblick über die Inhalte der Deskriptiven Studie I (Marthaler 2021a)

Der erste Schritt der Literaturanalyse umfasst die Analyse von 6000 Veröffentlichungen einschlägiger Konferenzen der Domäne der Produktentwicklung mithilfe von Data Mining, um Wechselwirkungen zwischen Produktentwicklung und Vorausschau zu identifizieren. Durch die Data Mining Analyse können darüber hinaus wichtige wissenschaftliche Publizierende und Publikationen identifiziert werden. Diese stellen eine Ausgangsbasis für die nachfolgende systematische Literaturanalyse dar. Hier zeigt sich, dass Zukunft im Kontext der Produktentwicklung deutlich häufiger mit Risiken und Ängsten als mit Chancen in Verbindung gebracht wird. Ziel der darauf aufbauenden Fragebogenstudie ist die Identifikation der Bedarfe, um einen bestmöglichen Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung zu ermöglichen. Die Fragebogenstudie umfasst insgesamt 55 Befragte, die zu 56% aus der Automobilbranche stammen und zu 57% in Unternehmen mit über 5000 Angestellten tätig sind. 59% der Befragten wenden bereits Methoden der Vorausschau an, wobei am häufigsten die SWOT- und Trend-Analyse als verwendete Methoden angegeben werden. Über 70% der Teilnehmenden sind der Ansicht, dass Methoden zur Zukunftsvorausschau Entscheidungsprozesse unterstützen, jedoch noch für einen Einsatz in der Produktentwicklung optimiert werden können. Zusammenfassend zeigt die Befragung der Entwickelnden, welche in dem Forschungsbericht Marthaler (2021a) detailliert aufgeführt sind, dass Bedarf des Einsatzes von Methoden von Vorausschau in der Produktentwicklung gesehen wird, Vorausschau jedoch gegenwärtig noch zu selten zur Profilfindung und Validierung eingesetzt wird.

Die Befragungen der Entwickelnden dienen zur Identifikation von Anforderungen an die zu entwickelnde Systematik. Im Rahmen des ersten Teils der Befragung wird eine Literaturrecherche durchgeführt, um qualitativ Erfolgsfaktoren zu bestimmen. Die erste Phase der Studie mit Fachkundigen liefert 20 Erfolgsfaktoren, welche im Anhang I einzusehen sind. In einer zweiten Phase werden die identifizierten Erfolgsfaktoren elf ausgewiesenen Fachkundigen vorgelegt, welche die Relevanz der Faktoren bewerten. Die Fachleute bestätigen die Relevanz der 20 Erfolgsfaktoren, womit davon ausgegangen werden kann, dass damit das Zielsystem der zu entwickelnden Systematik hinreichend genau abgebildet wird.

5.2 Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung

Die entwickelte Systematik besteht aus drei Modulen. Im ersten Modul erfolgt die Analyse des Ist-Zustands heute relevanter Produkteigenschaften. Ziel des zweiten Moduls ist Synthese des Soll-Zustands zukünftig relevanter Produkteigenschaften, die durch Vorausschau abgeleitet werden. Im dritten Modul werden die Produkteigenschaften in einer Delta-Analyse bewertet und in einer generationsübergreifenden Roadmap priorisiert. Im Folgenden werden die einzelnen Module anhand des Leitbeispiels „Zukünftige Mobilität für Personen und Güter auf städtischen Straßen“ näher erläutert.

In der Ist-Analyse werden neben den heute relevanten Produkteigenschaften auch die aktuellen Kernkompetenzen des Unternehmens ermittelt. Für die Beschreibung der heute relevanten Produkteigenschaften erfolgt die Analyse von aktuell am Markt befindlichen Produkten als Elemente des Referenzsystems. Neben der aktuellen Generation am Markt werden darüber hinaus auch weitere Referenzprodukte betrachtet. Für das Leitbeispiel werden ein E-Scooter und die Bahn als Referenzprodukte herangezogen. Beispielhafte Produkteigenschaften sind hierbei der Witterungsschutz und der Sitzkomfort.

Innerhalb des zweiten Moduls erfolgt eine auf Ergebnissen der Vorausschau basierende Identifikation der zukünftig relevanten Produkteigenschaften. Die Systematik unterscheidet in Abhängigkeit des Planungshorizonts zwischen drei Varianten, entsprechend der Methoden der Vorausschau, wobei entweder Prognosen (kurzfristig), Trends (mittelfristig) oder Szenarien (langfristig) genutzt werden. Eine intuitive Variante zur Identifikation von Eigenschaften ist der Einsatz von Personas, die zukünftige Nutzende und Anwendende repräsentieren. Im Leitbeispiel können dies Nutzende eines autonomen Shuttles sein, die sich mehr Privatsphäre im ÖPNV wünschen. Durch die Vielzahl an Nutzenden mit verschiedensten Bedürfnissen lassen sich eine Vielzahl an potenziell relevanten Produkteigenschaften ableiten. Einige beispielhafte Eigenschaften sind in Abbildung 9 dargestellt.



Abbildung 9: Potenziell relevante Produkteigenschaften der Zukunft (Bosch)

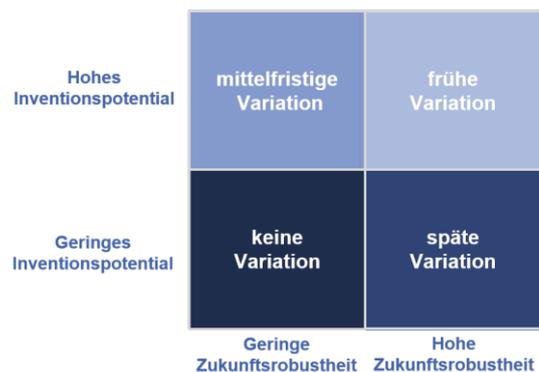


Abbildung 10: Portfolio zur Priorisierung der Produkteigenschaften

Diese Vielfalt wird nun durch eine Priorisierung handhabbar gemacht. Dazu werden die Produkteigenschaften anhand von zwei Dimensionen bewertet. Die erste Bewertung erfolgt im Modul der Soll-Analyse anhand der Zukunftsrobustheit. Eigenschaften, die bei Eintreten

verschiedener alternativer Zukünfte (Szenarien) einen Beitrag zur Zufriedenheit der Kunden leisten, gelten als zukunftsrobust. Die alternativen Zukünfte werden hierbei als externe Eingangsgrößen aus einem vorgelagerten Prozess vorausgesetzt. Die zweite Größe zur Bewertung ist das Inventionspotenzial. Dabei wird eingeschätzt, wie hoch der gestaltende Aufwand zur Realisierung dieser Eigenschaft ist. Eine höhere erforderliche schöpferische Leistung führt zu einem höheren Inventionspotenzial.

Durch Kombination der beiden Dimensionen Zukunftsrobustheit und Inventionspotenzial ergibt sich das Innovationspotenzial. Die Darstellung der Bewertung in einem Portfolio (siehe Abbildung 10) ermöglicht eine zeitliche Priorisierung zur Variation von Produkteigenschaften. Zunächst ist zu empfehlen, sich auf Produkteigenschaften zu fokussieren, welche zukunftsrobust sind und deren Umsetzung einen hohen Aufwand bedeuten. Hier bedeutet die Zukunftsrobustheit einen größtmöglichen Erfolg während gleichzeitig mit den Aktivitäten zur Umsetzung so früh wie möglich zu beginnen ist. Im Leitbeispiel bietet beispielsweise die Privatsphäre im ÖPNV eine hohe Zukunftsrobustheit durch Abdeckung mehrerer alternativer Zukünfte sowie ein hohes Inventionspotenzial durch hohe Entwicklungsaufwände, weshalb die Systematik einen frühen Variationszeitpunkt vorsieht.

Insgesamt ergeben sich vier Fälle: die frühe Variation, die mittelfristige Variation, die späte Variation und keine Variation. Diese Felder des Portfolios lassen sich über der Zeit sequenziert als generationsübergreifende Entwicklungs-Roadmap darstellen. So wird ein Überblick der zeitlichen Priorisierung zur Variation der identifizierten Produkteigenschaften geschaffen.

Die gesamte Systematik ist in Abbildung 11 als Ablaufdiagramm zusammengefasst. Diese beinhaltet die drei beschriebenen Module der Ist-, Soll- und Delta-Analyse, die nacheinander durchlaufen werden. In einem vorgelagerten Schritt wird in Abhängigkeit des Planungshorizonts zunächst die Variante der Systematik festgelegt. In einem nachgelagerten Schritt werden in der Potenzialumsetzung aus den generierten Erkenntnissen Produktprofile entwickelt und Produktideen generiert.

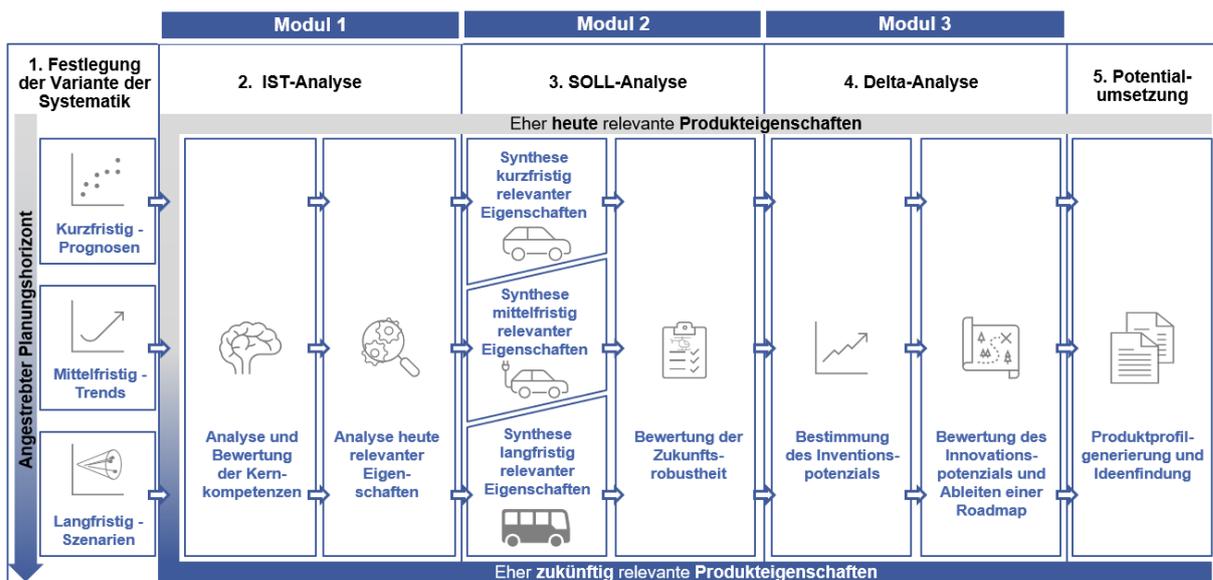


Abbildung 11: Gesamtübersicht der Systematik

5.3 Anwendung der Systematik in Fallstudien

Innerhalb der zweiten deskriptiven Studie wird der Beitrag der entwickelten Methode zum Einsatz von Vorausschau in der Produktentwicklung evaluiert. Dies wird anhand der DRM in Form von Unterstützungs- (Support), Anwendbarkeits- (Application) und Erfolgsevaluation (Success) durchgeführt (Blessing und Chakrabarti 2009). Basis der Evaluation bilden drei unterschiedliche Umgebungen: 1. Feldstudie, 2. Live-Lab und 3. Laborstudie mit Test und Kontrollgruppe (siehe Abbildung 8). Diese unterscheiden sich in der zeitlichen Auseinandersetzung mit der Systematik.

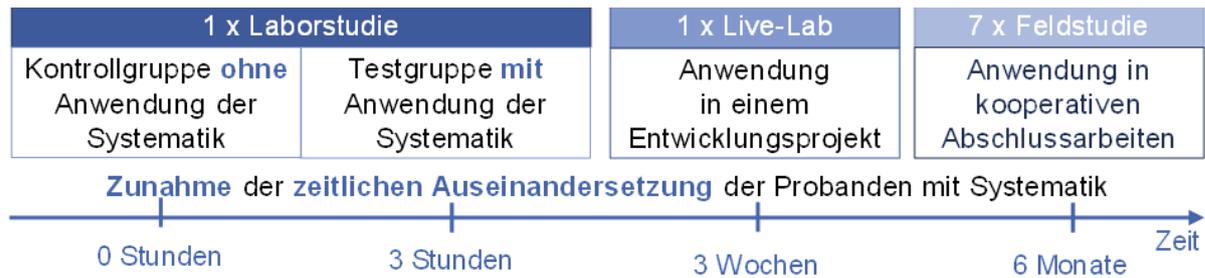


Abbildung 12: Durchgeführte Studien und die zeitliche Auseinandersetzung der Teilnehmenden mit der Systematik

Die Support Evaluation wurde anhand von sieben Feldstudien umgesetzt, indem gewonnene Erkenntnisse nach Anwendung in einem iterativen Prozess in die entwickelte Systematik implementiert wurden. (Marthaler 2021b)

Für die Application Evaluation der Systematik wurden die Erkenntnisse der ersten deskriptiven Studie in einen standardisierten Fragebogen überführt. Dieser wurde im Rahmen aller Studien der Untersuchungsumgebungen angewendet. Die Erfolgsfaktoren wurden anhand des Fragebogens durch 50 Teilnehmende von sehr geringem Erfüllungsgrad (1,0) zu sehr hohem Erfüllungsgrad (5,0) bewertet, womit folglich eine Bewertung des Anwendungserfolgs ermöglicht wurde. Übergreifend wurde der Erfüllungsgrad positiv bewertet. Dabei ist eine Korrelation zwischen der mit der Systematik verbrachten Zeit und der Erfüllung der Erfolgsfaktoren zu erkennen (siehe Abbildung 13, links). Es zeigt sich, dass offensichtlich innerhalb der Feldstudien die zeitlich umfangreichste Auseinandersetzung mit der Systematik stattgefunden hat. Folglich kann daraus ein Trainings- und Wohlfühleffekt in der Anwendung der Systematik angenommen werden.

Die Success Evaluation der Systematik wurde im Rahmen der Laborstudie anhand der Generierung von Produktprofilen durch 34 Teilnehmende durchgeführt. Eine Evaluation des Erfolgs wurde dabei durch Abbildung einer Test- und Kontrollgruppe realisiert, indem die Testgruppe die entwickelte Systematik und die Kontrollgruppe unstrukturiert Methoden der Vorausschau zur Generierung von Produktprofilen anwendete (siehe Abbildung 13). Insgesamt wurden im Rahmen der Studie 227 initiale Produktprofile generiert. Diese wurden auf Basis einer Selbsteinschätzung der Teilnehmenden in den Dimensionen „Betrachteter Zeithorizont“ und „Zukunftsrobustheit“ von niedrig (1,0) bis hoch (3,0) bewertet. Zur Interpretation der Ergebnisse wurden die bewerteten Produktprofile der beiden Gruppen mittels eines statistischen Vergleichs der Effektstärke nach Cohen (1988) gegenübergestellt. Zu erkennen ist, dass sowohl der betrachtete Zeithorizont als auch die Zukunftsrobustheit der Produktprofile der Testgruppe

gemäß Cohen mit einem mittleren Effekt steigen, folglich konnte die gewünschte Verbesserung erzielt werden. Der Blick der Entwickelnden wird auf die Zukunft gerichtet.

Infolge der durchgeführten Support-, Application- und Success Evaluation der Systematik konnte die *Befähigung der Produktentwickelnden zur Identifikation von Produktprofilen mit hohem Innovationspotential durch Vorausschau sowie zur generationsübergreifenden Planung und Priorisierung* verifiziert werden. (Marthaler 2021b)

Probandengruppen	n	μ	Zunahme des Erfüllungsgrads	Kriterium	Gruppe	μ	d	
Kontrollgruppe (Labor)	11	3,40		↓	Betrachteter Zeithorizont	Testgruppe	2,38	0,64 Mittlerer Effekt
Testgruppe (Labor)	20	3,59				Kontrollgruppe	1,94	
Live-Lab IP	6	3,75			Zukunftsrobustheit	Testgruppe	2,71	0,65 Mittlerer Effekt
Feldanwendungen	13	3,99	Kontrollgruppe			2,36		
				Inventionspotential	Testgruppe	2,07	0,07 Kein Effekt	

n = Anzahl der Teilnehmenden | μ = durchschnittlicher Erfüllungsgrad | d = Effektstärke (Cohen's d)

Abbildung 13: Application Evaluation (links) und Success Evaluation (rechts) (Bruns 2020)

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Motivation für die vorliegende Arbeit liegt darin, die Produktentwickelnden weitergehend in ihrer Aufgabe zu befähigen, Lösungen für die Welt von morgen zu entwickeln, die auch beim Eintreten verschiedener Zukünfte erfolgreich sind. Ausgangspunkt für die Lösungen von morgen sind dabei die Systeme von heute. Dies lässt sich auf Basis des Modells der PGE generationsübergreifend beschreiben. Es fehlt jedoch an einem Ansatz zur systematischen Identifikation zukünftig relevanter Eigenschaften sowie der damit verbundenen Planung aufeinanderfolgender Produktgenerationen sowie insbesondere an einer Vorgehensweise zur Zuordnung der Eigenschaften zu den einzelnen Produktgenerationen. Ziel der hier vorgestellten Forschungsarbeit ist daher die Befähigung der Produktentwicklerin und des Produktentwicklers zur generationsübergreifenden Planung durch Vorausschau. Die im Rahmen der Arbeit entwickelte Systematik sieht eine Ist-, eine Soll-, und eine Delta-Analyse vor. Dies ist im Vergleich zum Stand der Forschung neu, denn Vorausschau wird gegenwärtig vorwiegend isoliert von der Gegenwart betrachtet. Die Wirksamkeit der Systematik konnte initial und quantitativ nachgewiesen werden.

In der hier zusammengefassten Forschung im Rahmen der KaSPro wurde eine Systematik zur generationsübergreifenden Planung genau eines Produkts entwickelt. Nun gibt es auch sehr variantenreiche Produktportfolios. Ein wichtiger Forschungsimpuls ist deshalb die Nutzbarmachung der Systematik auf Produktlinien- und Produktprogrammebene. Ein Ansatz, um mit einem variantenreichen Portfolio umzugehen, ist die Erweiterung des Beschreibungsmodells der PGE in die strategische Produktplanung. Ziel des Ansatzes ist es ein konsistentes methodisches Vorgehen zu erarbeiten, welches die strategische Produktplanung mit der Entwicklung in Generationen vereint, um Produktprogramme zeitlich über mehrere Generationen

beschreiben, planen und realisieren zu können. Ein zweiter Forschungsimpuls adressiert die Baukastenentwicklung: Die klassische Baukastenentwicklung bedient sich einem Set an abgeschlossenen Anforderungen. Die Möglichkeit zu späteren Zeitpunkten weitere Anforderungen aufzunehmen ist daher häufig nur bedingt möglich. Durch die im Rahmen der Arbeit entwickelte Systematik können Produkteigenschaften frühzeitig identifiziert werden und bei der Entwicklung der Baukästen bereits mitgedacht werden. Dadurch ist eine Steigerung der Zukunftsrobustheit zu erwarten. Um diese Anforderungen möglichst frühzeitig zu validieren, ist ein weiterer Forschungsimpuls der Einsatz von vorausschaubarer Validierung mit Extended Reality, um weiterführende Potentiale für die Produktentwicklung zu erschließen.

Anhang I 20 Erfolgsfaktoren

Handlungsfeld	Erfolgsfaktor
<p><u>Methoden:</u> Das Handlungsfeld Methoden beschreibt die grundlegenden Anforderungen, die an das Methodendesign, die Methodendurchführung sowie an den Umgang mit den Ergebnissen gestellt werden.</p>	M1: Die Systematik muss Akzeptanz und Vertrauen in die Durchführung und Ergebnisse der Vorausschau in der Produktentwicklung schaffen.
	M2: Die Systematik muss die Vorteile der Anwendung von Vorausschau gegenüber der Nicht-Anwendung trotz hoher Initialaufwände aufzeigen.
	M3: Die Systematik muss für den Produktentwickler intuitiv anwendbar sein.
	M4: Die Systematik muss in nachvollziehbaren Schritten gegliedert sein.
	M5: Die Systematik muss Umfeldbetrachtungen (primär Markt, sekundär Branche, Wettbewerb und Technologie sowie tertiär Politik) beinhalten.
	M6: Die Systematik muss den bewussten Umgang mit Chancen- und Risiken von Entwicklungsumfängen ermöglichen und damit die richtige Priorisierung einzelner Entwicklungsumfänge auf die verschiedenen Produkte und Produktgenerationen sicherstellen.
	M7: Die Systematik muss die Ergebnisse der Vorausschau so aufbereiten, dass der Entwickler in fokussierten und definierten Suchfeldern sein Kreativitätspotential entfalten kann.
	M8: Die Systematik muss die Konsistenz zur Unternehmensstrategie sicherstellen.
	M9: Die Systematik muss den Abgleich mit der Entwicklungshistorie bzw. abgeschlossenen Entwicklungsprojekten sicherstellen.
	M10: Die Systematik muss das Aufzeigen möglicher Wettbewerbsstrategien ermöglichen und damit die Produktdifferenzierung sicherstellen.

<p><u>System:</u> Das Handlungsfeld System beschreibt die Notwendigkeit der Berücksichtigung unterschiedlicher Systemcharakteristika in der Anwendung der Systematik.</p>	S1: Die Systematik muss den Anker der Gegenwart lösen und das Blickfeld des Entwicklers in die Zukunft ausrichten.
	S2: Die Systematik muss den Brückenschlag zwischen konkreten Vorausschauergebnissen und den Anforderungen an ein zukünftiges Produkt auf technischer Teilsystemen ermöglichen.
	S3: Die Systematik muss eine hohe Qualität der Input- und Output-Informationen im Kontext des Systems in Development sicherstellen.
	S4: Die Systematik muss für unterschiedliche Produktlebenszyklen mehrere aufeinanderfolgender Produktgenerationen anwendbar sein.
<p><u>Prozesse:</u> Das Handlungsfeld Prozesse beschreibt die Einbindung der Systematik in die bestehenden Prozesse und Organisationsstruktur.</p>	P1: Die Systematik muss die Integration der internen Kunden (Produktentwickler und Management) in den Vorausschauprozess ermöglichen.
	P2: Die Systematik muss die Integration der externen Kunden (Anwender und Kunde) in den Vorausschauprozess ermöglichen.
	P3: Die Systematik muss die Diskussion der Produktentwickler über heutige und zukünftige Bedürfnisse anregen.
	P4: Die Systematik lässt sich in bestehende Prozesse der Produktentwicklung integrieren beziehungsweise angliedern.
	P5: Die Systematik muss über klare Schnittstellen zwischen der Strategischen Produktplanung und Produktentwicklung verfügen und eine klare Rollenverteilung definieren.
	P6: Die Systematik muss die systematische Verwertung des generierten Umfeld- und Produktwissens über mehrere Produktgenerationen ermöglichen.

7 Literaturverzeichnis

- Albers, Albert (2010): Five hypotheses about engineering processes and their consequences. In: *Proceedings of the TMCE 2010* (Voil 2010).
- Albers, Albert; Basedow, Gustav N.; Heimicke, Jonas; Marthaler, Florian; Spadinger, Markus; Rapp, Simon (2020): Developing a common understanding of business models from the product development perspective. In: *Procedia CIRP* 91, S. 875–882. DOI: 10.1016/j.procir.2020.03.122.
- Albers, Albert; Bursac, Nikola; Wintergerst, Eike (2015): Produktgenerationsentwicklung. Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive. In: *Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung*.
- Albers, Albert; Gladysz, Bartosz; Heitger, Nicolas; Wilmsen, Miriam (2016): Categories of Product Innovations. A Prospective Categorization Framework for Innovation Projects in Early Development Phases Based on Empirical Data. In: *CIRP Design conference*, Bd. 50. Stockholm, Sweden, S. 135-140.
- Albers, Albert; Heimicke, Jonas; Hirschter, Tobias; Richter, Thilo; Reiß, Nicolas; Maier, Andreas; Bursac, Nikola (2018a): Managing Systems of Objectives in the agile Development of Mechatronic Systems by ASD – Agile Systems Design. In: Philip Ekströmer und Schütte, Simon and Ölvander, Johan (Hg.): *DS 91: Proceedings of NordDesign 2018*. Linköping, Sweden: Design Society, n. p.
- Albers, Albert; Heimicke, Jonas; Walter, Benjamin; Basedow, Gustav; Reiß, Nicolas; Heitger, Nicolas et al. (2018b): Product Profiles: Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations. In: *Procedia CIRP* (70), S. 253–258.
- Albers, Albert; Meboldt, Mirko (2007): IPEMM – Integrated Product Development Process Management Model, Based on Systems Engineering and Systematic Problem Solving. In: *16th International Conference on Engineering Design*.
- Albers, Albert; Rapp, Simon (2022): Model of SGE: System Generation Engineering as Basis for Structured Planning and Management of Development. In: Dieter Krause und Emil Heyden (Hg.): *Design Methodology for Future Products. Data Driven, Agile and Flexible*. Cham: Springer International Publishing, S. 27–46. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-78368-6>.
- Albers, Albert; Rapp, Simon; Birk, Clemens; Bursac, Nikola (2017): Die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung.
- Albers, Albert; Rapp, Simon; Spadinger, Markus; Richter, Thilo; Birk, Clemens (2019a): Das Referenzsystem im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung: Vorschlag einer generalisierten Beschreibung von Referenzprodukten und ihrer Wechselbeziehungen.
- Albers, Albert; Rapp, Simon; Spadinger, Markus; Richter, Thilo; Birk, Clemens; Marthaler, Florian et al. (2019b): The Reference System in PGE-Product Generation Engineering: A Generalized Understanding of the Role of Reference Products and Their Influence on the Development Process. In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design (ICED19)*, Delft, The Netherlands, 5-8 August 2019: Delft (Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design), p. 1693-1702.

- Blessing, Lucienne T.M.; Chakrabarti, Amaresh (2009): DRM, a Design Research Methodology. London: Springer London. Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10310350>.
- Börjeson, Lena; Höjer, Mattias; Dreborg, Karl-Henrik; Ekvall, Tomas; Finnveden, Göran (2005): Towards a user's guide to scenarios-a report on scenario types and scenario techniques. In: *Royal Institute of Technology, Stockholm* 38 (7), p. 723-739. DOI: 10.1016/j.futures.2005.12.002.
- Bosch (2021): Der Stadtverkehr der Zukunft. Online verfügbar unter <https://www.bosch.com/de/stories/der-stadtverkehr-der-zukunft/>, zuletzt aktualisiert am 2021.
- Bruns, Jonas (2020): Entwicklung eines Studiendesigns zur Durchführung von Support-, Application- und Success Evaluation im Live Lab IP - Integrierte Produktentwicklung anhand der Systematik zur zukunftsorientierten Produktentwicklung zur strategischen Potenzialfindung in der Potenzialfindungsphase. Unveröffentlichte Bachelorarbeit. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe. IPEK - Institut für Produktentwicklung.
- Cohen, Jacob (1988): *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hoboken: Taylor and Francis.
- Coskun Samli, A.; Weber, Julie Ann E. (2000): A theory of successful product breakthrough management: learning from success. In: *Journal of Product & Brand Management*, Bd. 9, p. 35-55.
- Durance, Philippe; Godet, Michel (2012): Scenario building: Uses and abuses. In: Scott Cunningham und Mei-Chih Hu (Hg.): *Technological Forecasting and Social Change*, Bd. 77. Amsterdam: Elsevier, p. 1488-1492.
- Fink, Alexander; Schlake, Oliver; Siebe, Andreas (2001): Erfolg durch Szenario-Management. Prinzip und Werkzeuge der strategischen Vorausschau. Frankfurt/Main: Campus-Verlag.
- Fink, Alexander; Siebe, Andreas (2011): *Handbuch Zukunftsmanagement: Werkzeuge der strategischen Planung und Früherkennung*. 2., aktualisierte und erweiterte Aufl. Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH (Business 2011). Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=832986>.
- Fink, Alexander; Siebe, Andreas (2016): *Szenario-Management: von strategischem Vorausdenken zu zukunftsrobusten Entscheidungen*: Campus Verlag.
- Gausemeier, Jürgen (Hg.) (2014): *Vorausschau und Technologieplanung*: Verlagsschriftenreihe des Heinz Nixdorf Instituts, Paderborn (Symposium für Vorausschau und Technologieplanung).
- Gausemeier, Jürgen; Plass, Christoph (2014): *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen*. 2., überarb. Aufl. München: Hanser. Online verfügbar unter <http://www.hanser-elibrary.com/action/showBook?doi=10.3139/9783446438422>.
- Horx, Matthias (1998): *Trendbuch*. 3. Aufl. Düsseldorf: Econ.
- Hyundai (2021): *Futuristische Roadmap zur mobilität der zukunft*. Online verfügbar unter <https://www.motormobiles.de/ces-2020-hyundai-zeigt-futuristische-roadmap-zur-mobilitaet-der-zukunft/>, zuletzt aktualisiert am 2021.

- Johne, F. Axel; Snelson, Patricia A. (1988): Success factors in product innovation: A selective review of the literature. In: *Journal of Product Innovation Management* 5 (2), p. 114-128. DOI: 10.1016/0737-6782(88)90003-3.
- Marthaler, Florian (2021a): Promotionsvortrag Marthaler, Florian.
- Marthaler, Florian (2021b): Zukunftsorientierte Produktentwicklung – Eine Systematik zur Ableitung von generationsübergreifenden Zielsystemen zukünftiger Produktgenerationen durch strategische Vorausschau. Forschungsbericht. Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe. IPEK - Institut für Produktentwicklung Karlsruhe.
- Peglow, Natalie; Powelske, Jonas; Birk, Clemens; Albers, Albert; Bursac, Nikola (2017): Systematik zur Differenzierung von Varianten im Kontext der PGE-Produktgenerationsentwicklung. In: Tagungsband 15. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, Düsseldorf, Germany, o. S.
- Schumpeter, Joseph Alois (1934): *The theory of economic development; An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. New Brunswick: Transaction publishers.
- Sontheimer, Kurt (1971): Voraussage als Ziel und Problem moderner Sozialwissenschaft. In: *Universitas Heidelberg / Deutsche Ausgabe* 26 (7), S. 687-703.
- VDI 2221: VDI 2221 Entwicklung technischer Produkte und Systeme – Gestaltung individueller Produktentwicklungsprozesse – Blatt 2 Entwurf.
- Zukunft-Mobilität (2021): Zukunft-Mobilität. Online verfügbar unter <https://www.zukunft-mobilitaet.net/>, zuletzt aktualisiert am 2021.

KIT Scientific Working Papers
ISSN 2194-1629

www.kit.edu