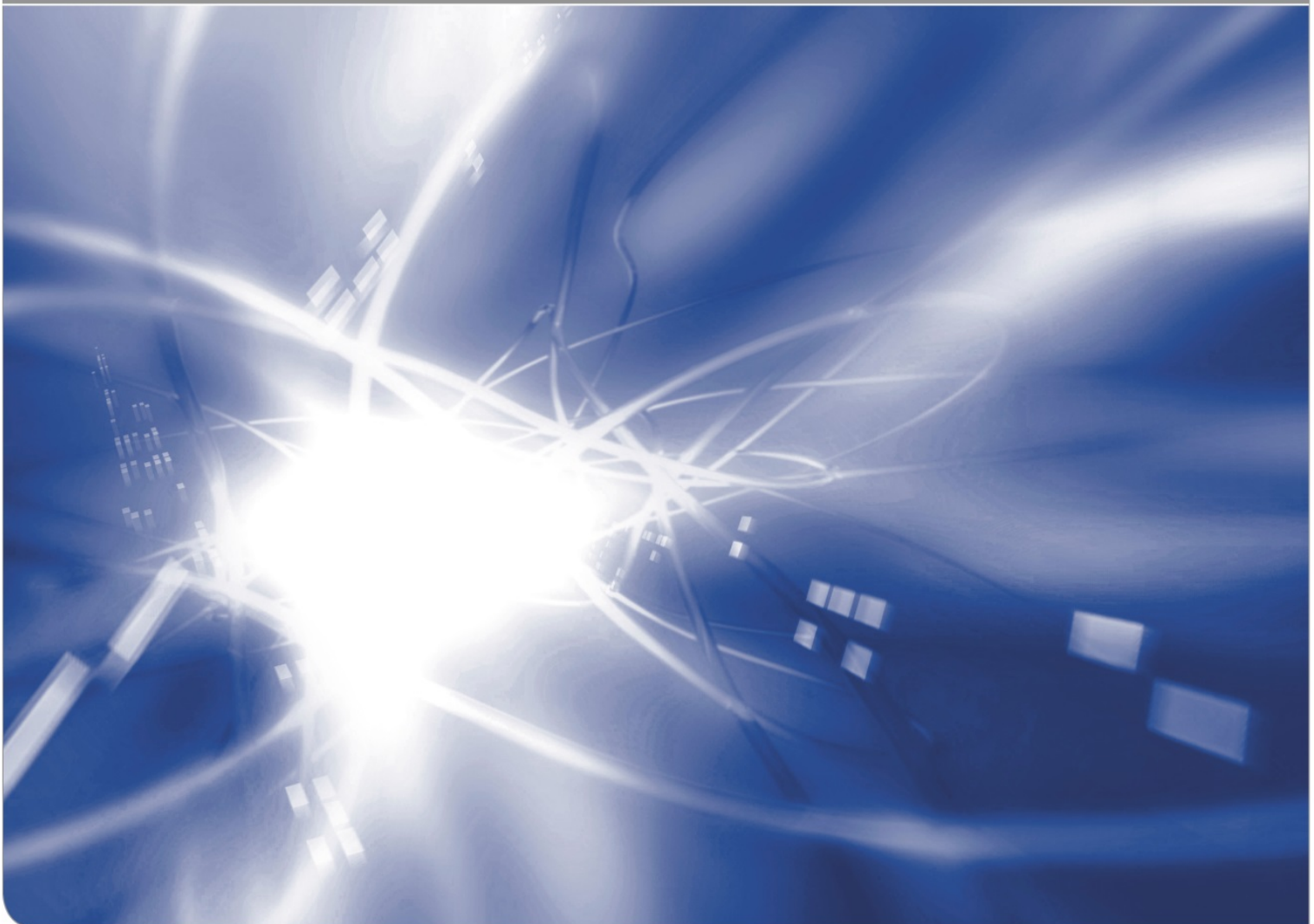


# Produktgeneration 1 im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Verständnis, Zusammenhänge und Auswirkungen in der  
Produktentwicklung

von Albert Albers, Jona Ebertz, Simon Rapp, Jonas Heimicke,  
Claas Kürten, Valentin Zimmermann, Katharina Bause, Romina  
Blattner

KIT SCIENTIFIC WORKING PAPERS 149



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

### **Impressum**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
[www.kit.edu](http://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>

2020

ISSN: 2194-1629

## 1 Einleitung und Motivation

In diversen Fachzeitschriften und Medien werden Produkte und Systeme als ‚erste Generation‘ bezeichnet. So schreibt beispielsweise die *ATZ* in einem Artikel zu elektrischen Lenksystemen: „Die erste Generation elektrischer Lenksysteme [...] wurde für den Kleinwagen Suzuki Cervo entwickelt und hatte ihre Markteinführung im März 1988. Dies war die weltweit erste Serienfertigung einer voll elektrifizierten Lenkung für Pkw“ [1]. Die *Autobild* stellt in einem Fahrzeugtest fest: „Als sein Vorgänger, die erste Generation des Mercedes GLE Coupé, 2015 auf den Markt kam, war sie technisch schon ein ganz alter Karren“ [2]. Aber auch im Zuge der aktuellen Entwicklungen des 5G-Netzes wird im historischen Rückblick von der ersten Generation (1G) des Mobilfunks gesprochen, wie beispielsweise in der Zeitschrift *Elektronikpraxis*: „Mobiles Telefonieren in der ersten Generation funktionierte noch mit einer analogen Sprachübertragung: A-Netz (1958), B-Netz (1972) und C-Netz (1986)“ [3]. Ein weiteres Beispiel entstammt der Textilbranche. So schreibt die *Textilwirtschaft* über ein neues Produkt von Adidas Folgendes: „2015 sorgte Adidas für Aufsehen, als der Sportartikler den ersten Sneaker aus Ozeanmüll vorstellte. Nun legen die Herzogenauracher das nächste nachhaltige Projekt vor: Einen Schuh, der zu 100% recycelt werden kann. Der Testlauf für die erste Generation geht jetzt an den Start, im Frühjahr/Sommer 2021 ist die breite Markteinführung geplant.“ [4]

Die angeführten Zitate zeigen auf, dass der Begriff ‚erste Generation‘ unterschiedlich verwendet wird und ein heterogenes Verständnis vorliegt. Gemeinsam haben die Beispiele zwar, dass jeweils ein Produkt bzw. System als etwas Neues beschrieben wird. Unterschiede sind jedoch in der Art der Produkt- bzw. Systemneuheit zu erkennen: So wird im Beispiel der elektrischen Lenksysteme der Begriff ‚erste Generation‘ angeführt, um das erste seriengefertigte Lenksystem zu beschreiben, das – technisch neu – anstelle eines hydraulischen Antriebs einen elektrischen Antrieb nutzt. Dagegen wird der Begriff ‚erste Generation‘ im Beispiel des Mercedes GLE Coupés zur Beschreibung der Einführung einer neuen Fahrzeugbaureihe verwendet, die zumindest laut der Autoren aus technischer Sicht gar nicht so neu daherkommt.

Das anhand der Artikelbeispiele aus Fachzeitschriften und Medien veranschaulichte uneinheitliche Verständnis zum Begriff ‚erste Generation‘ ist, basierend auf ersten Beobachtungen, auch innerhalb von Organisationseinheiten wiederzufinden. Die Autoren gehen davon aus, dass bei der Entwicklung einer ersten Generation das Entwicklungsrisiko höher ist und sich dieses durch gezielte Maßnahmen im Entwicklungsprozess reduzieren lässt. Notwendige Voraussetzung dafür ist ein einheitliches Verständnis zum Begriff ‚erste Generation‘.

Das Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS beinhaltet analog zum Begriff ‚erste Generation‘ das Beschreibungselement ‚*Produktgeneration 1*‘, kurz  $G_1$ : „Wird [...] ein Entwicklungspfad in einem Unternehmen völlig neu begonnen, so wird [...] von einer Produktgeneration 1 gesprochen, die dadurch gekennzeichnet ist, dass im Referenzsystem als Element keine Vorgänger-Generation vorhanden ist“ [Albers in 5]. Die Begrifflichkeiten des Zitats werden im Stand der Forschung erläutert.

Ziel des Beitrags ist, ausgehend von dieser  $G_1$ -Beschreibung, das grundlegende Verständnis einer  $G_1$  im Modell der PGE näher zu beleuchten, Zusammenhänge in der Produktentwicklung abzuleiten und damit eine Basis für ein einheitliches Verständnis zum Begriff ‚erste Generation‘ im Modell der PGE zu schaffen. Dazu werden folgende vier Forschungsfragen bearbeitet.

1. Welches Verständnis zu einer Produktgeneration 1 lässt sich initial von verschiedenen Stakeholdern beobachten?
2. Welche Zusammenhänge existieren zwischen diesem  $G_1$ -Verständnis und den Elementen des Innovationsmodells nach ALBERS ET AL.?
3. Anhand welcher Kriterien lassen sich Produktentwicklungen auf Basis des Modells der PGE prospektiv hinsichtlich ihres  $G_1$ -Charakters einordnen?
4. Welche potenziellen Folgerungen leiten sich von einer solchen  $G_1$ -Einordnung ab?

Dazu werden zunächst empirische Untersuchungen in vier kooperierenden Firmen durchgeführt. Im Anschluss werden die gewonnenen Daten analysiert und anhand von Modellen der Produktentwicklung interpretiert.

## 2 Stand der Forschung

Im Folgenden wird das Modell der PGE mit seinen Hypothesen, Grundelementen und Definition eingeführt. Daran schließt sich der Stand der Forschung zum Begriff ‚Innovation‘ und es wird dargelegt, wie dieser im vorliegenden Beitrag verstanden wird.

### 2.1 Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung

Gemäß dem Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS kann die Entwicklung jedes neuen Systems als Produktgenerationsentwicklung verstanden werden [6], so auch die in der Einleitung beschriebenen Beispiele. Das Modell der PGE beschreibt die Entwicklung neuer Systeme durch zwei grundlegende Hypothesen:

- Jede Entwicklung eines neuen Systems basiert auf einem Referenzsystem: „Das Referenzsystem für die Entwicklung einer neuen Produktgeneration ist ein System, dessen Elemente bereits existierenden oder bereits geplanten sozio-technischen Systemen und der zugehörigen Dokumentation entstammen und Grundlage und Ausgangspunkt der Entwicklung der neuen Produktgeneration sind.“ [7]
- Die Teilsysteme des neuen Systems werden, ausgehend von den Teilsystemen des Referenzsystems, im Einzelnen jeweils durch eine und zusammen durch eine Kombination aus drei Variationsarten entwickelt: Übernahme-, Ausprägungs- und Prinzipvariation. Bei mechatronischen Systemen wird die Ausprägungsvariation auch als Gestaltvariation bezeichnet. [8]

Das Modell der PGE ist in Abbildung 1 anhand eines möglichen Beispiels für eine zweite Produktgeneration einer LED-Lampe als sogenanntes Retrofit-Modell dargestellt.

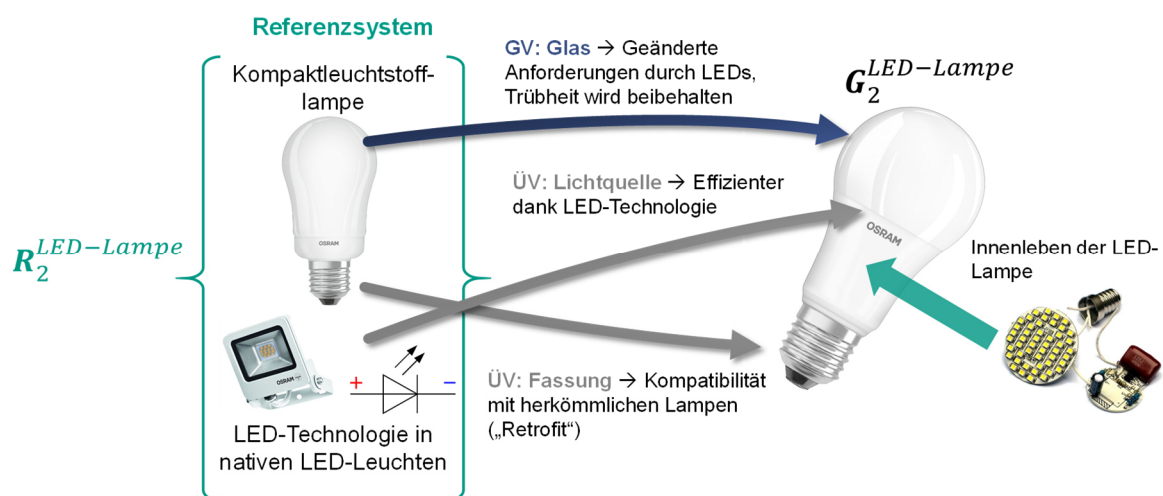


Abbildung 1: Illustration des Modells der PGE an einem möglichen Beispiel für eine zweite Produktgeneration einer LED-Lampe (Retrofit) [Eigene Darstellung; Bildquellen am Ende des Beitrags]

Elemente des Referenzsystems lassen sich durch verschiedene Charakteristika beschreiben, beispielsweise durch ihre organisatorische Herkunft (unternehmensintern oder -extern). [9]

Variationen im Sinne des Modells der PGE können beispielsweise durch den Vergleich der (beabsichtigten) Wirkstruktur eines Teilsystems der neuen Produktgeneration mit dem zugrundeliegenden Referenzelement identifiziert werden, wenn die Wirkstruktur mit Hilfe des C&C<sup>2</sup>-Ansatzes [10] modelliert wird [11]. Variationen im Sinne des Modells der PGE beinhalten in jeweils unterschiedlicher Zusammensetzung verschiedene Aktivitäten der Produktentstehung wie im iPeM – integrierten Produktentstehungsmodell [12] beschrieben [13].

Die verschiedenen Variationsarten sowie Charakteristika von Referenzelementen sind Schlüsselfaktoren im Hinblick auf Innovationspotenzial und Entwicklungsrisiken bei der Entwicklung einer neuen Produktgeneration [14].

Die Grundhypothesen des Modells der PGE können mit Hilfe von Teilsystemmengen mathematisch formuliert werden. Eine neue, in der Entwicklung befindliche Produktgeneration  $G_n$ , setzt sich ausschließlich aus Teilsystemen zusammen, die durch Übernahme-, Ausprägungs- oder Prinzipvariation entwickelt wurden [6,15]:

$$G_n = \dot{U}S_n \cup AS_n \cup PS_n \text{ mit}$$

$\dot{U}S_n$ : Menge der Teilsysteme in  $G_n$ , die durch Übernahmevariation entwickelt werden

$AS_n$ : Menge der Teilsysteme in  $G_n$ , die durch Ausprägungsvariation entwickelt werden

$PS_n$ : Menge der Teilsysteme in  $G_n$ , die durch Prinzipvariation entwickelt werden

Auf dieser Grundlage lassen sich auch sogenannte Variationsanteile berechnen. Dabei handelt es sich um den Anteil an Teilsystemen einer neuen Produktgeneration, der durch eine bestimmte Variationsart entwickelt wird. Dazu wird die Anzahl der Elemente einer Menge zu der Gesamtheit an Teilsystemen von  $G_n$  ins Verhältnis gesetzt (hier beispielhaft anhand des Prinzipvariationsanteils  $\delta_{PV,n}$ ; für andere Variationsarten analog):

$$\delta_{PV,n} = \frac{|PS_n|}{|G_n|} [\%]$$

Tendenziell (!) erhöht eine Zunahme des kombinierten Ausprägungs- und Prinzipvariationsanteils bei der Entwicklung einer neuen Produktgeneration das Entwicklungsrisiko. Ebenso gilt dies für die Verwendung unternehmensexterner Referenzelemente. Gleichzeitig lassen sich auf diese Art und Weise beispielsweise neue Funktionen realisieren, die zu Kunden- oder Anwendernutzen und damit Innovationspotenzial führen. [16]

Die durch das Modell der PGE beschriebenen Phänomene können nicht nur von einer Produktgeneration zur nächsten (wie im Automobilbereich auch Facelifts), sondern auch innerhalb der Entwicklung einer Produktgeneration von Entwicklungsinkrement zu Entwicklungsinkrement beobachtet werden [9,11].

## 2.2 Innovation

Da der Begriff ‚Innovation‘ unter anderem aufgrund seiner positiven Konnotation in Praxis und Forschung eine breite Anwendung findet, haben sich mit der Zeit in Abhängigkeit verschiedener Faktoren (bspw. Disziplin, Lebenszyklusphase und Rolle von Person) unterschiedliche Verständnisse des Begriffs gebildet. Dabei sind Neuheit und Erfolg entscheidende Kriterien in einer Vielzahl der Verständnisse. [17]

SCHUMPETER, dem ein entscheidender Beitrag in der Definition des Innovationsbegriffs zukommt, sieht Erfolg am Markt als den zentralen Motivator wirtschaftlich agierender Unternehmen. Innovationen mit ihrer ökonomischen Relevanz seien hierfür die notwendige Grundlage.

[18] Er versteht Innovationen als „[...] Veränderungen der Kombinationen der Produktionsfaktoren, die nicht durch infinitesimale Schritte oder Variationen der Grenzen bewirkt werden können. Sie bestehen in erster Linie in Änderungen der Produktions- und Transportmethoden, in Änderungen der industriellen Organisation, in der Produktion eines neuen Artikels, in der Erschließung neuer Märkte oder neuer Materialquellen“ [übersetzt aus 19]. Diese kontinuierlichen Neuerungen führen laut SCHUMPETER zu zyklischen Wohlstandsperioden. [19]

ALBERS ET AL. bauen auf dem Innovationsverständnis nach Schumpeter auf und formulieren die Befriedigung einer Bedarfssituation als zusätzliches notwendiges und zugleich zentrales Element zur Realisierung einer Innovation [20]. Durch den starken Nutzenfokus ist dieses Innovationsverständnis sehr einzigartig. Hiernach besteht eine Innovation stets auf einem relevanten Produktprofil (Bedürfnissituation), einer Invention (Idee und Umsetzung der Neuerung) und der Markteinführung. Diese Elemente fassen ALBERS ET AL. in ihrem Innovationsmodell zusammen (vgl. Abbildung 2). [20]

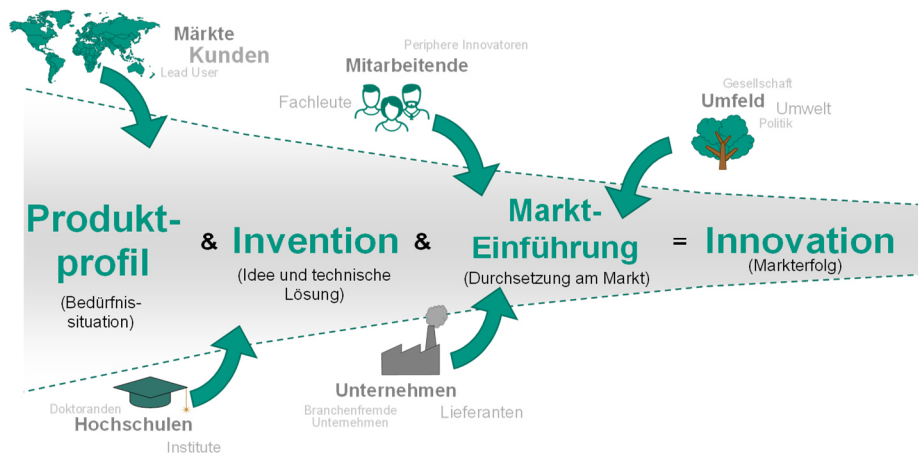


Abbildung 2: Notwendige Elemente einer Innovation [21]

„Ein *Produktprofil* ist ein Modell eines Nutzenbündels, das den angestrebten Anbieter-, Kunden- und Anwendernutzen für die Validierung zugänglich macht und den Lösungsraum für die Gestaltung einer Produktgeneration explizit vorgibt. Ein Nutzenbündel wird hierbei verstanden als eine Gesamtheit aus Produkten und Dienstleistungen, welches mit dem Zweck erstellt wird, an einen Kunden verkauft zu werden und für ihn direkt oder indirekt – z. B. für von ihm berücksichtigte Anwender oder für seine Kunden – Nutzen zu stiften“ [20]. Die Identifikation eines geeigneten Produktprofils aus einer zukünftig relevanten Bedürfnissituation am Markt ist hierbei kein triviales Unterfangen und erfolgt hinsichtlich seiner Konkretisierung co-evolutionär mit der Generierung von Ideen, die in der *Invention* realisiert werden. Diese kann laut ALBERS ET AL. aus einer Kombination aus technischem System, Service und Geschäftsmodell als Teil eines Produktes bestehen [22]. Demnach ist ein Geschäftsmodell Teil der Invention, sofern dieses ein Bestandteil der vertriebenen Marktleistung ist. Teil der *Markteinführung* ist wiederum ein Geschäftsmodell, das jedoch den Weg der Distribution eines Produkts in den Markt sowie die Definition der relevanten Leistungsflüsse beinhaltet. [22] Eine Innovation lässt sich allerdings erst retrospektiv als eine solche klassifizieren. Notwendig hierfür ist, dass Profil, Invention und Markteinführung erfolgreich realisiert werden und ein wirtschaftlicher Vorteil für das Unternehmen entsteht [20].

### 3 Ergebnisse

Auf Grundlage des Modells der PGE und des in diesem Beitrag verwendeten Innovationsverständnis widmen sich die folgenden Unterkapitel den in Kapitel 1 motivierten Forschungsfragen mit dem formulierten Ziel, anhand des Modells der PGE eine Basis für ein einheitliches

Verständnis zum Begriff ‚erste Generation‘ zu schaffen und Zusammenhänge im Kontext der Produktentwicklung abzuleiten.

### 3.1 Verständnis Produktgeneration 1

*Welches Verständnis zu einer Produktgeneration 1 lässt sich initial von verschiedenen Stakeholdern beobachten?*

Im Rahmen einer Kurz-Erhebung in den vier beteiligten Firmen *Hekatron Vertriebs GmbH, Mahle GmbH, Stratec SE* und *Daimler AG* wurden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus verschiedenen Unternehmensbereichen zu ihrem Verständnis zu dem Begriff ‚Produktgeneration 1‘ befragt. Dabei wurden folgende zwei Fragen gestellt:

1. Nach Ihrem Verständnis als Entwickler/Vorentwickler/Vertriebler/Marketing-Mitarbeiter/Produktmanager: Wodurch zeichnet sich ein Produkt/System aus, das als ‚erste Generation‘ oder ‚Produktgeneration 1‘ bezeichnet wird?
2. Wenn Sie in Ihrem Arbeitsumfeld eine ‚erste Generation‘ oder ‚Produktgeneration 1‘ (vor-)entwickeln/vertreiben/vermarkten/betreuen, welche inhaltlichen, prozessualen oder organisatorischen Folgerungen [F], Herausforderungen [H] oder Chancen [C] für Ihre Arbeit leiten sich daraus ab?

Die zusammengefassten Antworten sind im Anhang in Tabelle 3 aufgeführt. Auf die Antworten zu der ersten Frage wird im folgenden Absatz und in Kapitel 3.2 eingegangen. Die Ergebnisse von Frage zwei sind Gegenstand des Kapitels 3.4.

Die Antworten zu Frage eins ermöglichen folgende Tendenzaussagen: Zunächst lässt sich festhalten, dass – ähnlich wie in den einleitenden Beispielen – alle Stakeholder mit dem Begriff ‚Produktgeneration 1‘ etwas Neues verbinden. Dies wird umschrieben mit Worten wie „noch nicht so da“ und „zum ersten Mal“ oder mit Varianten des Wortstamms ‚neu‘. Weiterhin lässt sich erkennen, dass diese Neuheits-Beschreibungen in verschiedenen Zusammenhängen unterschiedlich verwendet werden: Von Konstruktion über (projektleitende) Entwicklung bis hin zu Marketing sprechen die Befragten entweder von technischen Neuerungen bzw. neuen Technologien, neuen Funktionalitäten, vorher nicht dagewesenen Nutzungskontexten, neuen Kundensegmenten oder allgemeinen Marktneuheiten. Außerdem thematisieren einige Befragte den Umstand, dass das Verständnis von einer Produktgeneration 1 stark vom Betrachtungswinkel abhängig ist.

Es lässt sich also zusammenfassend sagen, dass abgesehen vom allgemeinen Neuheits-Aspekt kein einheitliches Verständnis zu dem Begriff ‚Produktgeneration 1‘ unter den Befragten vorherrscht. Zur Analyse der unterschiedlichen Perspektiven werden diese im folgenden Kapitel entlang der oben beschriebenen Elemente des Innovationsmodells analysiert.

### 3.2 Zusammenhänge zwischen Produktgeneration 1 und Innovation

*Welche Zusammenhänge existieren zwischen diesem  $G_1$ -Verständnis und den Elementen des Innovationsmodells nach ALBERS ET AL.?*

Um das Phänomen einer  $G_1$  in Bezug auf das zugrundeliegende Innovationsmodell zu verstehen und dahingehend Besonderheiten zu identifizieren, werden zunächst die Expertenaussagen der Kurz-Erhebung den drei Elementen des Innovationsmodells nach Abschnitt 2.2 inhaltlich zugeordnet (siehe Tabelle 1). Um Muster zu identifizieren bzw. weitere Erkenntnisse zu gewinnen, die im Zusammenhang mit der Entwicklung einer  $G_1$  stehen, werden die Aussagen Expertengruppen-übergreifend analysiert.



Tabelle 1: Zuordnung der Expertenaussagen zu den Elementen des Innovationsmodells

Befragte	Innovation		
	Produktprofil	Invention	Markteinführung
Konstruktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viele unsichere Anforderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Neue Technologie</b> wird verwendet</li> <li>• Hoher <b>konstruktiver Aufwand</b>, sehr viele <b>Neuentwicklungen</b></li> <li>• Wesentliche <b>technische Neuerungen</b>, die vorher <b>nicht im Produkt</b> war.</li> <li>• Nicht nur <b>Verbesserung</b> der bestehenden Technologie, sondern <b>Austausch einer Schlüsseltechnologie</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohes <b>Risiko (Marktrisiko)</b> und Einstellen der Entwicklungsaktivitäten in frühen und späten Entwicklungsphasen)</li> </ul>
Entwicklung		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jedes Produktdetail <b>neu entwickeln</b> - viele Probleme.</li> <li>• Aus Fehlern lernen, <b>Neuanfang</b>, Einsatz <b>neuer Technologien</b> und damit ggf. effizientere Produkte</li> <li>• Mehr Arbeit <b>in Konzepten</b>, statt in Lösungen, deutlich <b>längere Planungsphasen</b>, Fokus auf Testmanagement → Test driven Development</li> <li>• Wenn ein <b>Großteil der Funktionen</b> noch nicht so da war</li> </ul>	
Projektweiter Entwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unsicherheiten noch stärker betrachten</li> <li>• Kurzzyklisch viele Zwischenergebnisse einfordern und <b>analysieren</b> und nachsteuern</li> <li>• Neue <b>Geschäftsbereiche/-felder</b> und <b>Kunden</b></li> <li>• Unklare <b>Anforderungen</b> vom <b>Kunden</b></li> <li>• <b>Kein</b> direktes <b>Feedback</b> vom Endkunden möglich bzw. <b>verspätet</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sich erstmal bewusstmachen, dass es sich um G<sub>1</sub> handelt und damit um einen höheren <b>Neuheitsgrad</b>.</li> <li>• Hohe <b>Komplexität</b> (Schnittstellen, viele Stakeholder, hoher Aufwand)</li> <li>• Finanzieller <b>Aufwand</b> bzw. versteckte Kosten verursacht durch Unsicherheiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unternehmenserfolg/<b>Marktpotenzial</b></li> <li>• Unternehmerisches/finanzielles <b>Risiko</b></li> <li>• Starker USP</li> </ul>
Produktionssysteme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine allgemeine <b>Marktneuheit</b> aus Kunden- &amp; Anwendersicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein komplett <b>neues Produkt in Serie</b>, das vorher so noch nicht bestanden hat</li> <li>• Aufbau einer neuen Linie zur Folge und damit mehr <b>Aufwand</b> in der <b>Etablierung neuer Abläufe</b> und der Organisation.</li> </ul>	
Produktmanagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt wird von <b>Kunden</b> nicht <b>angenommen</b></li> <li>• Absatzprognose <b>unsicher</b></li> <li>• Das Produkt muss Bestandteile besitzen, die vorher nicht in diesem <b>Nutzungskontext</b> vorhanden waren.</li> <li>• Das Produkt muss <b>Bestandteile</b> besitzen, die vorher nicht in diesem Nutzungskontext vorhanden waren.</li> <li>• Es muss <b>neue Kundensegmente</b> bzw. Kundenanforderungen ansprechen.</li> <li>• <b>Neue Geschäftsfelder</b> erschließen</li> <li>• Fehlendes <b>valides Feedback</b> (im B2B Bereich Feedback erst nach einigen Monaten möglich)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Technologiesprung</b> von einem Produkt auf das nächste.</li> <li>• <b>Technologie</b>, die es so vorher <b>noch nicht gab</b>.</li> <li>• Ermöglichen neuer <b>Funktionalitäten</b> (z.B. Brücke schlagen zu "digitaler Welt").</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt, in dem zum <b>ersten Mal</b> etwas auf den <b>Markt</b> kam bzw. etwas entwickelt wurde, was es so noch nicht gab.</li> <li>• Vorreiter am Markt und damit <b>Marktgestaltungsmöglichkeiten</b></li> </ul>
Marketing		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkmal kann z.B. <b>neue Technologie</b> sein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abhängig von <b>Markteintritt</b>: Als early adaptor leichter. Später (Markt gesättigt) mit hohem Aufwand verbunden</li> </ul>
Sales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es ist das <b>erste Produkt seiner Art</b> auf dem Markt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufsetzen der <b>neuen Konzepte</b>, da diese viel Testing vor Einführung benötigen.</li> </ul>	



Folgende Erkenntnisse und Vermutungen, die im weiteren Verlauf diskutiert werden, lassen sich auf Basis der erfolgten Zuordnung identifizieren:

- 1) Eine  $G_1$  lässt sich mit den Elementen des Innovationsmodells beschreiben.
- 2) Die Auswirkungen einer  $G_1$  auf die Elemente einer Innovation werden abhängig von der Rolle der Befragten je Element unterschiedlich stark wahrgenommen.
  - a) Dabei divergiert der Fokus innerhalb eines Unternehmens.
  - b) Zudem kann eine Diskrepanz zwischen der Sicht des Marktes und des Unternehmens existieren.
- 3) Unabhängig von der jeweiligen Sicht, wird zumeist ein hoher Neuheitsgrad im Bereich der Invention mit einer  $G_1$  assoziiert.
- 4) Die Art der Aussagen hinsichtlich der Neuheit im Bereich der Invention lassen vermuten, dass hier tendenziell Prinzipvariationsanteile vorherrschen.

*Zu 1) Eine  $G_1$  lässt sich mit dem Innovationsmodell beschreiben.*

Diese Erkenntnis basiert auf der Feststellung, dass sich alle produktbezogenen Aussagen der Experten den einzelnen Elementen des Innovationsmodells zuordnen ließen. Insbesondere war zu beobachten, dass die Neuheit als die für eine Innovation notwendige Bedingung von jedem Befragten in Zusammenhang mit den jeweils genannten Elementen als wichtig erachtet wurde, um von einer  $G_1$  sprechen zu können. Dabei ist jedoch im Sinne des Innovationsverständnisses nicht jede  $G_1$  automatisch eine Innovation nach der Markteinführung. Das Kriterium des Erfolgs muss zusätzlich erfüllt sein. Ebenfalls ist das Vorhandensein einer  $G_1$  keine notwendige Bedingung, um von einer Innovation sprechen zu können. Demnach lässt sich keine Aussage hinsichtlich des Innovationspotenzials in Abhängigkeit einer  $G_1$  treffen.

*Zu 2) Der Fokus der für eine  $G_1$  relevanten Charakteristika bezogen auf das Innovationsverständnis ist Sichten-abhängig*

Die Befragten stammen aus unterschiedlichen Fachbereichen in den Unternehmen. Die Herkunft aus einem bestimmten Fachbereich beeinflusst die Assoziationen der Befragten mit dem Phänomen der  $G_1$ . So fokussieren die Befragten tendenziell den Aspekt im Innovationsverständnis in der Beschreibung einer  $G_1$ , den sie aufgrund ihrer Zugehörigkeit im Unternehmen verantworten. Demnach ist das Verständnis einer  $G_1$  unternehmensintern Sichten-abhängig, wobei der Fokus der jeweiligen Sicht initial der textuellen Verteilung in Tabelle 1 entnommen werden kann. Experten aus Konstruktion, Entwicklung und Produktionssystementwicklung legen in ihren Aussagen den Fokus auf den Bereich der Invention. Während die Experten aus dem Produktmanagement bezogen auf ihre Nennungen bezüglich der Invention mindestens gleichwertig über das Produktprofil argumentieren, sehen Befragte aus Marketing und Sales Effekte aus dem Phänomen der  $G_1$  in der Markteinführung. Neben der unternehmensinternen Abhängigkeit des  $G_1$ -Verständnisses merken Befragte vereinzelt an, dass ein Produkt zudem gleichzeitig aus Unternehmenssicht eine  $G_1$  sein kann, während es am Markt bereits als spätere Generation wahrgenommen werden kann.

**Zu 3) Unabhängig von der jeweiligen Sicht, wird zumeist ein hoher Neuheitsgrad im Bereich der Invention mit einer  $G_1$  assoziiert und zu 4) Die Art der Aussagen hinsichtlich der Neuheit im Bereich der Invention lassen vermuten, dass hier tendenziell Prinzipvariationsanteile vorherrschen.**

Trotz der eindeutig Sichten-abhängigen Einschätzung der Eigenschaften einer  $G_1$  liegt eine weitestgehend Sichten-übergreifende Einigkeit hinsichtlich der Notwendigkeit einer merklichen Neuheit im Produkt vor, die sich dem Bereich der Invention im Innovationsmodell zuordnen lässt. So sprechen beispielsweise auch Befragte aus dem Produktmanagementbereich von einem Technologiesprung, der als Vorbedingung angesehen wird, um von einer  $G_1$  sprechen zu können. Laut einigen Befragten müssen Teilsysteme „komplett neu entwickelt werden“, was zudem die Schlussfolgerung zulässt, dass tendenziell ein hoher Prinzipvariationsanteil im technischen System dazu führt, dass ein System aus Unternehmenssicht als erste Generation

eingestuft werden kann. Allerdings ist eine Betrachtung aller drei Elemente des Innovationsmodells notwendig, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, eine  $G_1$  als solche korrekt zu identifizieren, da neben den eingesetzten Technologien auch der Anwendungskontext maßgeblich ist. So lassen sich zudem Divergenzen in der Einschätzung einer  $G_1$  zwischen Unternehmens- und Marktsicht reduzieren.

Neben den Erkenntnissen hinsichtlich der Eigenschaften von Produkten, die dazu führen, dass diese eine  $G_1$  hervorbringen, lassen sich aus den Expertenaussagen Herausforderungen für und Anforderungen an das Handlungssystem ableiten, die eine  $G_1$  mit sich bringt. Diese werden in Kapitel 3.4 diskutiert.

Demnach ist zusätzlich zu der reinen Identifikation einer  $G_1$  der Umgang mit den damit verbundenen Herausforderungen in der Entwicklung als zweckmäßig einzustufen.

### 3.3 Prospektive $G_1$ -Einordnung von Produktentwicklungen

*Anhand welcher Kriterien lassen sich Produktentwicklungen im Modell der PGE prospektiv hinsichtlich ihres  $G_1$ -Charakters einordnen?*

Kriterien, anhand derer sich Produktentwicklungen bezogen auf die entwickelnde Entität prospektiv, das heißt vor Beginn einer Produktentwicklung, hinsichtlich ihres  $G_1$ -Charakters bewerten lassen, werden aus den obengenannten Herausforderungen der Kurz-Erhebung und einer zuvor durchgeführten Befragungsstudie [23] abgeleitet. Unter Anwendung der Elemente des Modells der PGE werden diese Herausforderungen in sieben Kriterien überführt. Diese sollen durch ihre jeweilige spezifische Ausprägung für bzw. gegen den  $G_1$ -Charakter einer Produktentwicklung sprechen und damit in der Gesamtschau eine Einordnung ermöglichen.

Wie in der Kurz-Erhebung deutlich wurde, ist eine eindeutige Definition des Bewertungsgegenstands notwendig, um bei der Beurteilung jedes Kriteriums die konsequente Einhaltung der Bewertungsperspektive sicherzustellen. Dazu wird der sogenannte *Designraum* eingeführt, der das einzuordnende System mit seinen Systemgrenzen definiert. Der Designraum kann also sowohl ein gesamtes Fahrzeug als auch ein Fahrzeugscheinwerfer sein. Demzufolge ist es, wie im Modell der PGE vorgesehen, möglich, Systeme, die als Subsystem in ein System integriert werden, als  $G_1$  einzuordnen, wenngleich das System eine Produktgeneration größer eins darstellt. Die Integration eines  $G_1$ -Subsystems kann für die Entwicklung des Systems risikobehaftet sein. Abbildung 3 gibt einen Überblick über die einzelnen Kriterien, die im Folgenden beschrieben und in Kapitel 4 anhand von Beispielen weiter erläutert werden.

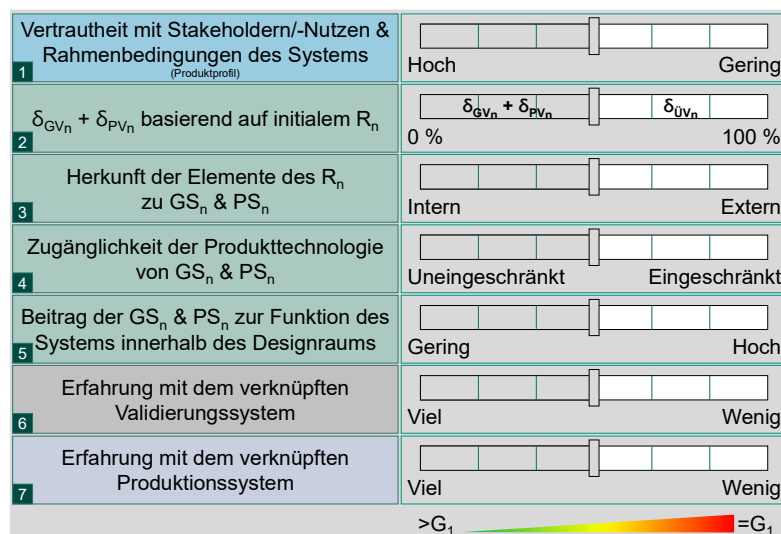


Abbildung 3:  $G_1$ -Einordnungssystematik

Im ersten Kriterium *Vertrautheit mit Stakeholdern/-Nutzen & Rahmenbedingungen des Systems* geht es um die Frage, wie gut die entwickelnde Entität die relevanten Stakeholder und ihre, wie im Produktprofil beschrieben, Bedürfnissituation kennt. Zu den Stakeholdern werden neben Anbieter, Kunde und Anwender auch Lieferanten und Mitarbeiter gezählt. Außerdem sollte der Blick auch daraufgelegt werden, wie vertraut die Entität mit der Gesetzeslage und Interessensverbänden im Kontext des zu entwickelnden Systems ist.

Das zweite Kriterium  $\delta_{GVn} + \delta_{PVn}$  *basierend auf initialem Referenzsystem  $R_n$*  beurteilt das Produkt innerhalb des gewählten Designraums hinsichtlich seines Gestalt- und Prinzipvariationsanteils. Vereinfacht gesprochen, geht es hierbei um die Frage, wie technisch neuartig und damit herausfordernd das Produkt tendenziell aus Sicht der Produktentwicklung ist. Es ist an dieser Stelle jedoch festzuhalten, dass ein genereller Umkehrschluss, Übernahmevariationen seien in der Entwicklung nicht herausfordernd, nicht gültig ist.

Das dritte Kriterium *Herkunft/Quelle der Elemente des  $R_n$  zu  $GS_n$  &  $PS_n$*  greift den Gedanken hinter dem Risiko-Portfolio im Modell der PGE auf [16]. Dort wird das Entwicklungsrisiko unter anderem in Abhängigkeit der Herkunft der Referenzsystemelemente beschrieben. Als Herkunftsquellen werden entitätsinterne und -externe Ausprägungen genannt. Bei der  $G_1$ -Charakterisierung geht es bei der Beurteilung des Herkunftskriteriums um die Frage, wie erfahren die entwickelnde Entität mit den neuentwickelten Teilsystemen innerhalb des gewählten Designraums ist. Stammen relevante Referenzsystemelemente hauptsächlich aus externen Quellen, wird geschlussfolgert, dass zwar das Produkt als solches als externe Referenz für die Entität verfügbar ist, jedoch in der Regel weder explizite Zielsystem- und Handlungssysteminhalte noch das damit verbundene Erfahrungswissen [16].

Mit dem vierten Kriterium *Zugänglichkeit der Produkttechnologie von  $GS_n$  &  $PS_n$*  zielt die Einordnungssystematik darauf ab, zu beurteilen, welchen Zugang die entwickelnde Entität zu den Produkttechnologien hat, die den neuentwickelten Teilsystemen zugrunde liegen. Der Grad, in dem die eingesetzten Produkttechnologien der Entität zugänglich sind, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Beispielsweise können Kooperationen mit Forschungseinrichtungen oder die gesammelte Erfahrung aus vorherigem Einsatz einer Technologie in einem anderen Produkt den Zugang erleichtern. Außerdem kann die Technologiereife [bspw. in 24] den Zugang eines Unternehmens zu dieser Produkttechnologie beeinflussen, da mit zunehmender Reife die Verfügbarkeit von zugänglichen Informationen zu einer Technologie steigt.

Der im fünften Kriterium gemessene *Beitrag der  $GS_n$  &  $PS_n$  zur Funktion des Systems innerhalb des Designraums* zollt der Frage Rechnung, welchen Einfluss GS und PS auf die Funktion des Systems haben. So ist es in der Bewertung des einzuordnenden Systems ein Unterschied, ob Neuentwicklungen an Teilsystemen vorgenommen werden, die Hauptfunktionen eines Systems realisieren oder nur zu dessen Nebenfunktionen beitragen.

Das sechste Kriterium fragt nach der *Erfahrung mit dem verknüpften Validierungssystem* und beleuchtet damit den Aspekt, wie erfahren die entwickelnde Entität mit der Validierung des Systems innerhalb des definierten Designraums ist. Dies reicht über die Modellierung geeigneter Validierungsumgebungen bis hin zur Konzipierung und dem Aufbau notwendiger Prüfstände innerhalb der jeweiligen Validierungsumgebung. Zur Bewertung können die Referenzsystemelemente für das Validierungssystem herangezogen werden.

Das siebte Kriterium *Erfahrung mit dem verknüpften Produktionssystem* wird im Sinne der vollumfänglichen Betrachtung der Produktentstehung eingeführt, um bei einer frühzeitigen  $G_1$ -Einordnung auch die begleitende Produktionssystementwicklung mit Bezug zum Designraum zu berücksichtigen [25]. Analog zum vorangegangenen Kriterium können zur Bewertung die Referenzsystemelemente, die in Bezug zum Produktionssystem stehen, herangezogen werden.

Wie in Abbildung 3 dargestellt, lassen sich die sieben Kriterien durch Hinzunahme von Ausprägungsreglern, die so angeordnet sind, dass auf der rechten Seite die Ausprägung steht,

die singular für das jeweilige Kriterium für einen G<sub>1</sub>-Charakter spricht, zu einer Einordnungssystematik zusammenfassen. Folglich kann nach der Bewertung der sieben Kriterien eine Aussage getroffen werden, inwieweit die Produktentwicklung innerhalb des gewählten Designraums zu einer G<sub>1</sub>-Entwicklung tendiert oder nicht: Je weiter rechts die Bewertung der sieben Kriterien erfolgt, desto eher besitzt die Produktentwicklung innerhalb des definierten Designraums einen G<sub>1</sub>-Charakter – und umgekehrt. In Kapitel 4 wird die Einordnungssystematik anhand von drei Beispielen angewendet.

### 3.4 Folgerungen einer G<sub>1</sub>-Einordnung

*Welche potenziellen Folgerungen leiten sich von einer prospektiven G<sub>1</sub>-Einordnung ab?*

Die potenziellen Folgerungen einer prospektiven G<sub>1</sub>-Einordnung ergeben sich in zwei Schritten. Im ersten Schritt sind prinzipiell mögliche Auswirkungen derjenigen Faktoren zu untersuchen, welche die sieben Kriterien der G<sub>1</sub>-Einordnungssystematik konstituieren. Beispielsweise sind demnach für das zweite Kriterium, das den Neuentwicklungsanteil bemisst, zunächst mögliche Auswirkungen von Gestalt- und Prinzipvariationen zu untersuchen.

Im zweiten Schritt sind entsprechend dieser möglichen Auswirkungen geeignete Maßnahmen für das weitere Vorgehen abzuleiten, wobei berücksichtigt werden muss, dass bei einer ‚starken‘ G<sub>1</sub>-Ausprägung die genannten Faktoren und damit auch deren Auswirkungen meist einen verhältnismäßig großen Umfang annehmen. Dies kann die entwickelnde Entität vor große Herausforderungen stellen, wie sie bereits in der Kurz-Erhebung thematisiert wurden. Beispielsweise kann ein hoher Gestaltvariationsanteil, der sich aus vielen einzelnen Gestaltvariationen zusammensetzt, Aufwände in Form von Variationen im Validierungs- und/oder Produktionssystem erforderlich machen, wobei die Wechselwirkungen der verschiedenen Gestaltvariationen und deren Auswirkungen eine zunehmende Herausforderung darstellen können. Ebenso können Variationen im Validierungs- und/oder Produktionssystem zu Variationen in der Produktentwicklung führen.

Diesem Schema folgend, werden in Tabelle 2 den Faktoren, auf denen die sieben Kriterien der G<sub>1</sub>-Einordnung gründen, mögliche Auswirkungen und Maßnahmen zugeordnet. Insbesondere für mögliche Auswirkungen der Faktoren sind in der Literatur verschiedene Beobachtungen beschrieben. Hinzu kommen Beobachtungen aus einer Interviewstudie [26]. Die Tabelle zeigt eine Auswahl. Die möglichen Maßnahmen werden im Rahmen des vorliegenden Beitrags initial vorgeschlagen.

*Tabelle 2: Faktoren, die die Dimensionen der G<sub>1</sub>-Einordnung konstituieren, beobachtete mögliche Auswirkungen der Faktoren und mögliche Maßnahmen bei starkem Einfluss der Faktoren im Fall starker G<sub>1</sub>-Ausprägung*

<b>Faktor (Kriterium)</b>	<b>Beobachtete mögliche Auswirkung*</b>	<b>Mögliche Maßnahme bei starker G<sub>1</sub>-Ausprägung je Kriterium**</b>
Wenig vertraut mit Stakeholdern/-Nutzen & Rahmenbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Unbekannte Kundenanforderungen</b></li> <li>- <i>Mangelnde Akzeptanz der Kunden/Nutzer</i></li> <li>- <b>Keine gefestigten Lieferantenbeziehungen</b></li> <li>- Unwissen über gesetzliche Rahmenbedingungen</li> <li>- Fehlende Qualifikation des Personals</li> <li>- <i>Wenig Information über Wettbewerbslandschaft</i></li> <li>- <i>Marktzugang/-erfolg ungewiss</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführung von breiten Marktstudien</li> <li>- Markteintritt in Abhängigkeit vom Sättigungsgrad planen</li> <li>- Sondierung des Lieferantenmarktes und Aufbau von Kooperationen</li> <li>- Vermeidung von Single-Sourcing-Strategie</li> <li>- Durchführung einer Wettbewerbsanalyse</li> <li>- Einplanung agiler Ansätze im Entwicklungsprozess</li> </ul>
Gestaltvariation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Hoher Validierungsaufwand</b></li> <li>- <b>Produktionssystementwicklung notwendig</b></li> <li>- <b>Konstruktionssystementwicklung erforderlich</b></li> <li>- <b>Prototypenbau erforderlich</b></li> <li>- Anpassung weiterer Teilsysteme notwendig</li> <li>- <b>Herausforderung in Produktionsanlauf</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführungen einer erweiterten Vorentwicklungsphase</li> <li>- Einplanung von mehreren Iterationsschleifen und längeren Entwicklungszeiten</li> <li>- Einplanung frühzeitiger V&amp;V-Aktivitäten und notwendiger Weiterentwicklung des Validierungssystems</li> <li>- Einplanung agiler Ansätze im Entwicklungsprozess</li> </ul>
Prinzipvariation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anpassung weiterer Teilsysteme notwendig, Änderungen der Systemstruktur</li> <li>- Beeinträchtigung der Funktionserfüllung</li> <li>- <b>Produktionssystementwicklung notwendig</b></li> <li>- <b>Hoher Validierungsaufwand</b></li> <li>- Erstellung alternativer Lösungen [W]</li> <li>- Aufwand für Aufbau von Entwicklungsgenerationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhöhung der Ressourcen</li> <li>- Gesonderte Durchführung von Entwicklungsaktivitäten, entkoppelt von direktem Kundenprojekt</li> <li>- Schulung von Kunde/ Anwender</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Marktentwicklung und damit Rentabilität schwer vorherzusehen</b></li> <li>- Technische Sicherheit als Risiko</li> </ul>	
Unternehmensexternes Referenzsystemelement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fehlendes Erfahrungswissen</b></li> <li>- Zusammenarbeit mit Lieferanten als besondere Herausforderung</li> <li>- Aufwände für Beschaffung &amp; Prüfung</li> <li>- Dokumentation von Gestalt und Gestalt-Funktion-Zusammenhang nicht zugänglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Konzentration auf strukturierten internen Wissensaufbau</li> <li>- Durchführung von Benchmark-Studien</li> <li>- Rekrutierung/Abwerben von Fachpersonal</li> </ul>
Eingeschränkte Technologiezugänglichkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fehlendes (Grundlagen-)Wissen</b></li> <li>- <i>Bestehende Prozesse passen nicht zum Produkt</i></li> <li>- <b>Lange Entwicklungszeiten</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durchführungen einer erweiterten Vorentwicklungsphase</li> <li>- Kooperation mit Lieferanten oder Forschungseinrichtungen, die leichten Zugang zur Technologie haben</li> <li>- Einsatz einer zugänglicheren Produkttechnologie</li> </ul>
Hoher Beitrag der GS <sub>n</sub> & TS <sub>n</sub> zur Funktion des Systems	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktionsfähigkeit des Systems abhängig von Neuentwicklungsanteil</li> <li>- Frühzeitig hoher Reifegrad der neuentwickelten Teilsysteme zur Systemvalidierung erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwicklung der GS<sub>n</sub>/PS<sub>n</sub> in separierten Unterprojekten mit hoher Budgetverfügbarkeit</li> <li>- Frühe Integration in das System</li> <li>- Bündelung der Personalressourcen auf GS<sub>n</sub>/PS<sub>n</sub></li> </ul>
Wenig Erfahrung mit dem verknüpften Validierungssystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fehlendes Erfahrungswissen</b> zur Validierungssystementwicklung</li> <li>- <i>Hoher Neuentwicklungsanteil</i> aufgrund fehlender Referenzsystemelemente zum Validierungssystem</li> <li>- <b>Lange Entwicklungszeiten</b> Validierungssystementwicklung</li> <li>- <i>Unsicherheiten</i> bei der Validierungssystementwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einplanung und Einhaltung zeitlich frühgelegener Designfreeze-Meilensteine</li> <li>- Einplanung frühzeitiger Validierung von Prototypen</li> <li>- Prüfen von Kooperationen mit Validierungsdienstleistern</li> <li>- Einplanung von zusätzlichen Ressourcen für den Aufbau und die Validierung des Validierungssystems</li> </ul>
Wenig Erfahrung mit dem verknüpften Produktionssystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fehlendes Erfahrungswissen</b> bezüglich der Produktionssystementwicklung</li> <li>- <i>Hoher Neuentwicklungsanteil</i> aufgrund fehlender Referenzsystemelemente zum Produktionssystem</li> <li>- <b>Lange Entwicklungszeiten</b> bei der Produktionssystementwicklung</li> <li>- <i>Unsicherheiten</i> bei der Produktionssystementwicklung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einplanung und Einhaltung zeitlich frühgelegener Designfreeze-Meilensteine</li> <li>- Prüfen von Kooperationen mit Produktionsdienstleistern</li> <li>- Einplanung von Zeiten für die Validierung des Produktionssystems</li> </ul>

\*Auswirkungen entstammen entweder der Literatur [11,13,26,27] (Standard-Schrift), wurden in ähnlicher Weise zusätzlich in der Kurz-Erhebung genannt (fett) oder wurden ausschließlich in der Kurz-Erhebung genannt (kursiv).

\*\*Maßnahmen werden in diesem Beitrag – teilweise abgeleitet aus den Antworten der Kurz-Erhebung – von den Autoren vorgeschlagen. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Weisen alle sieben Kriterien auf eine starke G<sub>1</sub>-Ausprägung hin, ist es aufgrund der zu erwartenden Herausforderungen ratsam, das Entwicklungsvorhaben einer kritischen Prüfung bspw. einer Make-or-Buy-Bewertung zu unterziehen und als Entscheidungsalternativen auch eine Absage des Entwicklungsvorhabens in Betracht zu ziehen.

Wie eingangs erwähnt, verstehen die Autoren auf Basis ihrer gemachten Erfahrung die angeführten Maßnahmen als Möglichkeiten, auf die spezifischen Auswirkungen, die je nach Unternehmenskontext unterschiedlich relevant sein können, zu reagieren. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist in künftigen G<sub>1</sub>-Entwicklungen zu evaluieren.

#### 4 Anwendungsbeispiele der Einordnungssystematik

Drei Beispiele in verschiedenen Entwicklungsumgebungen sollen die Anwendung und Anwendbarkeit der in Kapitel 3.3 vorgestellten Einordnungssystematik aufzeigen und zum tieferen Verständnis der Kriterien beitragen. Die Bewertung der einzelnen Kriterien erfolgt anhand von Experteneinschätzungen, die im Rahmen von zweistündigen Workshops ermittelt wurden. Diese sind in Abbildung 4 visualisiert und werden im Folgenden erläutert.

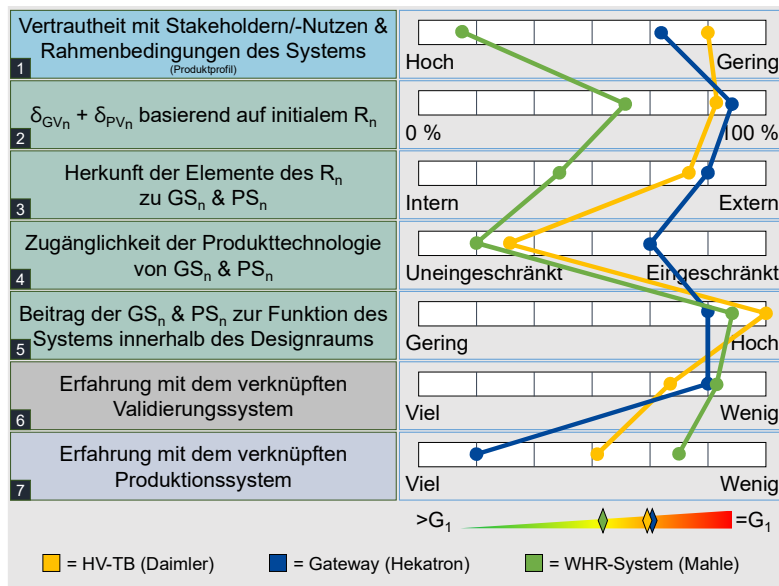


Abbildung 4: Experteneinschätzungen im Rahmen der Workshops

#### 4.1 Waste-Heat-Recovery-System von der Mahle International GmbH

Beim ersten Beispiel handelt es sich um ein Vorausentwicklungsprojekt einer Abgaswärmehrückgewinnungseinheit (engl. Waste-Heat-Recovery(WHR)-System) der MAHLE International GmbH (vgl. Abbildung 5). In Nutzkraftwagen (NKW) kann durch die Verwendung eines WHR-Systems, das Wärme aus dem Abgasstrom in elektrische Energie umwandelt, bis zu 5 % Kraftstoff und damit  $CO_2$  eingespart werden. Als Bewertungszeitpunkt wird retrospektiv der Zeitpunkt vor der Projektübergabe an die seriennahe Entwicklung gewählt. Das dabei beurteilte System unterscheidet sich dementsprechend von dem in Serie entwickelten Produkt.

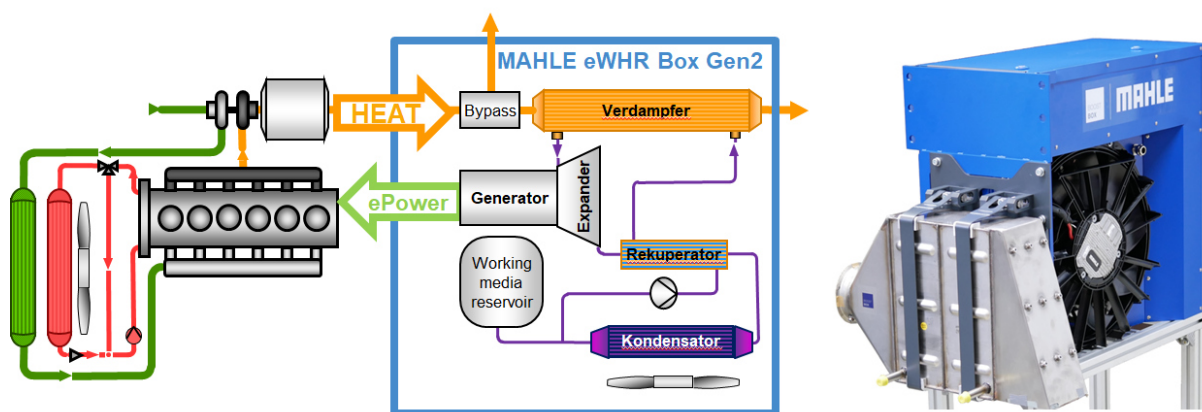


Abbildung 5: Waste-Heat-Recovery-System der Mahle International GmbH [28]

Die Vertrautheit mit Stakeholdern/-Nutzen & Rahmenbedingungen des Systems der entwickelnden Entität hinsichtlich der Kunden, Lieferanten und Gesetzgebung wird als hoch bewertet. Der Austausch zwischen den Kunden im Nutzfahrzeugmarkt und der MAHLE Gesellschaft wird ebenfalls wie der Austausch mit den Legislativen im Bereich Grenzwertfestlegung von Nutzfahrzeugen als „intensiv“ bezeichnet.

Zum Zeitpunkt der Entwicklung des WHR-Systems sind ein Großteil der Teilsysteme in ähnlicher Form bereits Bestandteile des Produktportfolios der Entität. Das Referenzsystem beinhaltet damals unter anderem verschiedene Varianten der Flachrohrverdampfer und Stapelscheibenkondensatoren aus Anwendungen im PKW und NKW Bereich. Hinsichtlich der Speisepumpe konnte auf Erfahrungen mit der Kraftstoffpumpenentwicklung zurückgegriffen wer-

den, die ebenfalls auf dem Prinzip der Faltenbalgpumpe beruhen. Im Entwicklungsprojekt wurden verschiedene Expandertypen untersucht, aufgebaut und verglichen. Zum Zeitpunkt der Bewertung waren unter anderem Axialkolbenexpander und Klimakompressoren als Referenzsystemelemente für das Teilsystem Expander vorhanden. Insbesondere bedingt durch den neuen Einsatzzweck, der vor allem die Anforderungen an die verwendeten Materialien betrifft, sowie den Systemkontext resultierte dennoch ein erheblicher Aufwand zur Gestaltvariation. Beispielsweise musste beim Expander der auf der mechanischen Achse rotierende Aufbau, eine Anpassung des Mediums sowie der Temperaturbereich deutlich gegenüber dem Referenzsystem variiert werden. Der *Neuentwicklungsanteil* wird folglich auf ungefähr 65 % geschätzt.

Die *Herkunft der Elemente des Referenzsystems* sehen die Experten tendenziell als intern an, wobei die vorhandenen Referenzen des Gesamtsystems sowie der Steuergeräteentwicklung zum damaligen Zeitpunkt ausschließlich extern lagen.

Die Produkttechnologien der Teilsysteme sind, wie bereits angedeutet, in verschiedenen internen Anwendungen wiederzufinden oder besitzen einen hohen Reifegrad und sind weit verbreitet. Die *Zugänglichkeit der Produkttechnologie der Neuentwicklungsanteile* wird dementsprechend als eher zugänglich bewertet.

Als eine zentrale Herausforderung für die Entität wird von den Experten die mechatronische Systementwicklung gesehen. Die Gestaltvariation des Expanders und die Neuentwicklung der Regelung des Systems sind nicht nur mit einem großen Anteil der Entwicklungskapazitäten verbunden, sondern werden von den Experten auch als „Herzstück des Systems“ bezeichnet. Daraus resultiert die Einschätzung des hohen *Beitrags der variierten Teilsysteme zur Funktion des Systems innerhalb des Designraums*.

Die vorhandene Erfahrung hinsichtlich der Komponentenvvalidierung ist laut Experten nur bedingt auf die Systemvalidierung übertragbar. Die Validierung des mechatronischen Systems wird von den Beteiligten zum Zeitpunkt der Entwicklung gar als „Neuland“ bezeichnet. Die Ausprägung der sechsten Kategorie *Erfahrung mit dem verknüpften Validierungssystem* wird somit als gering eingestuft.

Obwohl die Entität viel Erfahrung mit der Produktion von Automotive-Komponenten sowie mit einem Großteil der Teilsysteme des WHR-Systems aufweist, stufen die Experten die Erfahrung mit dem verknüpften *Produktionssystem* als gering ein. Diese Einschätzung ist – insbesondere mit der zum Zeitpunkt der Bewertung fehlenden Erfahrung – bei der Produktion mechatronischer Systeme und der geringen Erfahrung bezüglich der Qualitätssicherung auf Systemebene zurückzuführen.

Bei Betrachtung des WHR-Systems kann auf den ersten Blick der Eindruck entstehen, dass die verwendeten technischen Teilsysteme für die Entität als „alter Karren“ (vgl. Kapitel 1) gelten könnten. Mit der Berücksichtigung der unterschiedlichen Sichtweisen in der Einordnungssystematik ist es allerdings möglich die Stärken und Schwächen der Entität zu identifizieren und so frühzeitig Schwerpunkte für eine erfolgreiche Produktentwicklung zu setzen. Bei Betrachtung aller Kategorien in Abbildung 4 ist eine leichte Tendenz in Richtung  $G_1$  zu erkennen. Die Experten der MAHLE Gesellschaft sind sich einig, dass sowohl der hohe Beitrag der neuentwickelten Teilsysteme zur Gesamtfunktion des technischen Systems als auch die geringe Erfahrung mit dem verknüpften Validierungssystem entscheidende Impulse für die Beurteilung des Systems als  $G_1$  geben.

#### **4.2 Gateway-Entwicklung der Hekatron Vertriebs GmbH**

Um das Produktportfolio der Rauchwarnmelder zu erweitern und eine Integration dieser in ein Smart-Home-System zu ermöglichen, wird bei der Hekatron Vertriebs GmbH das Ökosystem funkvernetzter Rauchwarnmelder systematisch ausgebaut. Dazu wurde ein Gateway entwickelt und am Markt platziert, welches eine Brücke zwischen den bereits verfügbaren funkvernetzten Rauchwarnmeldern und dem Internet of Things (IoT) darstellt (vgl. Abbildung 6). Des



Weiteren wurden sämtliche notwendige digitale Komponenten entwickelt. Ziel der Produktentwicklung war es, den Kunden im Feld aufgezeichnete Daten, beispielsweise zur Inbetriebnahme oder Wartung, aber auch die Alarmweiterleitung auf einem mobilen Endgerät zur Verfügung stellen zu können. Um den Aufwand, der sich hinter dem analysierten Produktentwicklungsprojekt befand, handhaben und notwendige Kompetenzen, beispielsweise zur Entwicklung der IoT-Plattform oder der Apps, in den Entwicklungsprozess integrieren zu können, wurde im Rahmen des Projekts mit Entwicklungsdienstleistern zusammengearbeitet. Der in der folgenden  $G_1$ -Einordnung betrachtete Designraum begrenzt sich auf das Gateway als Brücke zwischen Rauchwarnmeldern und IoT.



Abbildung 6: Links: funkvernetzte Rauchwarnmelder; Mitte: physisches Gateway als Kopplung zu IoT-Anwendungen beispielsweise auf Smartphone. Zusätzlich besteht eine akustische Schnittstelle (smartsonic) zwischen Rauchwarnmelder und Smartphone (hier nicht dargestellt), über die Daten ausgelesen werden können [29]

Die *Vertrautheit mit Stakeholdern/-Nutzen & Rahmenbedingungen des Systems* sehen die Experten als bedingt ausgeprägt. Diese Beurteilung resultiert vor allem aus zwei Gründen. Einerseits wurde das Produkt gemeinsam mit zwei Entwicklungsdienstleistern und einem Fertigungsdienstleistern entwickelt und industrialisiert, andererseits spricht das Produkt neue bis dato nicht näher bekannte Kundensegmente an. Es war zwar davon auszugehen, dass diese bereits Kunden der funkvernetzten Rauchwarnmelder sind, allerdings waren tiefergehende Informationen zum Zeitpunkt des Startes der Entwicklung nicht bekannt.

Die bei der Entwicklung betrachteten Referenzsystemelemente belaufen sich primär auf Gateways anderer Smart-Home-Hersteller und IoT-Lösungen. Der *Neuentwicklungsanteil* innerhalb des definierten Designraums wird als hoch bewertet. Zwar können einzelne Elemente wie z.B. Anschlüsse (USB, Ethernet oder ähnliches) übernommen werden, aber die gesamte im System enthaltene Elektronik und die zugehörige Software musste neu entwickelt werden. Wie bereits angedeutet, ist das Gateway die erste Entwicklung der Hekatron Vertriebs GmbH im Bereich IoT-Lösungen. Auch bei der Entwicklung zugehöriger Applikationen konnte auf Bestehendem aufgebaut werden, jedoch auch hier mit enormem Neuentwicklungsanteil.

Innerhalb des *Referenzsystems* befanden sich primär *Elemente* mit unternehmensexterner *Herkunft*. Wie bereits beschrieben, wurde das System um die bestehenden funkvernetzten Rauchwarnmelder aufgebaut und die Schnittstelle zum Gateway durch die bestehende Funktechnologie realisiert. Sonstige Referenzsystemelemente, die sich primär auf die Schnittstelle zum IoT und entsprechenden Anwendungen fokussierten, waren ausschließlich extern verfügbar.

So begibt es sich, dass die *Zugänglichkeit der Produkttechnologie* retrospektiv als bedingt zugänglich angesehen wird. Um die Zugänglichkeit zu verbessern, wurden zwei Entwicklungsdienstleister engagiert, um entsprechende Kompetenzen hinsichtlich digitaler Produkte zu erlangen.

Der *Beitrag der  $GS_n$  und  $PS_n$  zur Funktion* innerhalb des beschriebenen Designraums wird als hoch bewertet, da sämtliche Funktionalität bis zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vorlag und

erst durch die Neuentwicklungsanteile realisiert wird.

Da die Entwicklung der Firma Hekatron Vertriebs GmbH zum Zeitpunkt der Produktentwicklung nur wenige IoT-Lösungen und digitale Produkte im Portfolio hatte, war auch die Erfahrung mit dem entsprechenden *Validierungssystem* eher gering. So war der Neuentwicklungsanteil des Validierungssystems, das parallel zur Produktgeneration entwickelt wurde, ebenfalls sehr hoch. Herausforderungen beliefen sich primär auf die Validierung der Schnittstellen zu Endanwendungen und sicherheitsrelevante Aspekte der IoT-Anwendung.

Die Erfahrung hinsichtlich des verwendeten *Produktionssystem* wird als relativ groß angesehen, da die Hekatron Vertriebs GmbH eine Schwesterfirma besitzt, die eine hohe Expertise in der Elektronikfertigung vorweist. Weiter gilt, dass hinsichtlich der Produktionsprozesse auf Bestehendem aufgebaut wurde. Aus Kapazitätsgründen wurde die Produktion jedoch ausgelagert, sodass die Erfahrung nicht mit 100% bewertet wird.

Übergreifend lässt sich beim Betrachten von Abbildung 4 feststellen, dass das entwickelte Produkt starke Tendenzen in Richtung einer  $G_1$  aufweist. Zwar existierte insbesondere hinsichtlich des Produktionssystems bereits einiges an Erfahrung, jedoch bestand bei der Entwicklung innerhalb des definierten Designraums und des verbundenen Validierungssystems ein hoher Neuentwicklungsanteil mit Referenzsystemelementen, die zu Beginn der Entwicklung vornehmlich außerhalb des eigenen Unternehmens lagen. Somit lässt sich das entwickelte Produkt als  $G_1$  einstufen.

### 4.3 Hochvolt-Traktionsbatterie-Entwicklung der Daimler AG

Als drittes Beispiel dient die retrospektive Beurteilung des Entwicklungsprojekts der Hochvolt-Traktionsbatterie (HV-TB), die im Fahrzeugmodell EQC der Daimler AG als Energiespeicher im elektrischen Antriebsstrang eingesetzt wird (vgl. Abbildung 7). Der Designraum ist begrenzt auf die Produktentwicklung der HV-TB. Zunächst wird das damals verfügbare Referenzsystem skizziert, um daraufhin in die Bewertung der einzelnen Kriterien einzusteigen.



Abbildung 7: Explosionsdarstellung der HV-Traktionsbatterie des Mercedes-Benz EQC [Bildausschnitt aus 30]

Die entwickelnde Entität verfügt hinsichtlich der Produktentstehung von HV-TBn für batterieelektrische Fahrzeuge zum damaligen Zeitpunkt über Referenzen aus den internen Fahrzeugprojekten ‚B-Klasse electric drive‘ und ‚smart electric drive‘; zu letzterem über vier Fahrzeuggenerationen hinweg. Die HV-TB der ‚B-Klasse electric drive‘ und der ersten beiden Generationen des ‚smart electric drive‘ stammen von einem Zulieferer. Der Energiespeicher für die

dritte und vierte Generation des ‚smart electric drive‘ wurde im Rahmen eines Joint Ventures bzw. ausschließlich intern entwickelt und produziert. Des Weiteren wurden in mehreren Wettbewerbsanalysen HV-TBn von Fahrzeugen verschiedener Hersteller als externe Referenzelemente untersucht. Auf dieser Basis und im Abgleich mit dem Zielsystem der zu entwickelnden HV-TB erfolgt die Bewertung der einzelnen Kriterien der Einordnungssystematik.

Die *Vertrautheit mit Stakeholdern/-Nutzen & Rahmenbedingungen des Systems* wird von den Experten anhand der externen Stakeholder Endkunden, Lieferanten und Gesetzgeber diskutiert. Die Anforderungen an die HV-TB resultieren aus den Anforderungen des übergeordneten Fahrzeugs, die wiederum die Ansprüche des Endkunden erfüllen müssen. Über diesen Endkunden liegen der entwickelnden Entität ausreichend Informationen aus Entwicklungen vorangegangener konventioneller Fahrzeuge vor, und es wird angenommen, dass die Anforderungen größtenteils übertragbar sind. Ausgeprägte Lieferantenbeziehungen insbesondere zu Herstellern von Batteriezellen existieren zu diesem Zeitpunkt laut Experten noch nicht. Bezüglich des Gesetzgebers sind zwar geltende Vorschriften und Richtlinien bekannt, allerdings thematisieren die Teilnehmer in diesem Kontext Unsicherheiten über anstehende neue Richtlinien und sich ändernde Zertifizierungsvorgaben. Folglich tendiert deren Bewertung des ersten Kriteriums gegen die Ausprägung ‚gering‘.

Der *Neuentwicklungsanteil* wird als hoch bewertet. Der Großteil der Teilsysteme und Komponenten wurde gestaltvariiert. Die gravierende Differenz der Energieinhalte zwischen den intern referenzierten HV-TBn und der neu zu entwickelnden HV-TB macht den notwendigen Neuentwicklungsbedarf deutlich und erklärt, warum Übernahmevariationen kaum möglich waren. Ausschließlich Teilsysteme und Komponenten mit Nebenfunktionen, bspw. Sensoren, Halter, Klipse und Abdeckkappen, konnten teilweise übernahmevariiert werden.

Die *Herkunft der Elemente des Referenzsystems* wird überwiegend extern gesehen. Wie bereits beschrieben, lagen zu dem damaligen Zeitpunkt auch interne Referenzelemente vor, deren Zielsystem allerdings stark von der neu zu entwickelnden HV-TB abweicht. HV-TBn mit Zielsystemen, die eine höhere Überschneidung aufweisen, stammen von anderen Automobilherstellern und gelten somit als externe Referenzelemente.

Die *Zugänglichkeit der Produkttechnologie*, die den neuentwickelten Teilsystemen jeweils zugrunde liegt, wird eher als zugänglich bewertet. Die größte Hürde existiert hinsichtlich der Elektrochemie, welche die Vorgänge innerhalb der Batteriezelle beschreibt und die entscheidende Technologie innerhalb einer HV-TB darstellt. Zu dieser Technologie besteht damals Zugang über die 100%ige Tochterfirma Li-Tec Battery GmbH, die Batteriezellen in Kleinserie produziert. Im Zusammenhang mit der Zelltechnologie steht die Softwaretechnologie, die unter anderem für die betriebssichere Steuerung der HV-TB verantwortlich ist. Auch in diesem Kontext sehen die Workshop-Teilnehmer zum damaligen Zeitpunkt eine der größten Zugangshürden. Dagegen wird die Zugänglichkeit der Technologien hinter den elektronisch/elektrischen und (thermo-)mechanischen Teilsystemen aus Sicht der Experten für die entwickelnde Entität als uneingeschränkt eingeschätzt. Diese Technologien bilden prinzipiell auch in der Entwicklung konventionell angetriebener Fahrzeuge die Grundlage.

Da der neuentwickelte Anteil sehr hoch bemessen wird und dieser sich besonders auf die Hauptkomponenten der HV-TB bezieht, wird der *Beitrag der  $GS_n$  und  $PS_n$  zur Funktion der HV-TB* ebenfalls als hoch eingestuft.

Hinsichtlich des *Validierungssystems* bewerten die Teilnehmer den Erfahrungsstand der entwickelnden Entität zum damaligen Zeitpunkt als gering. Insbesondere im Kontext der Lebensdauerabsicherungen einer HV-TB sind zu diesem Zeitpunkt die Erkenntnisse mit Unsicherheit behaftet. Außerdem fehlt der entwickelnden Entität damals Erfahrung hinsichtlich der Schadensparameter. Grundlegende Fragen, wie diese in Testfällen zuverlässig und realitätsnah abgebildet werden können, sind zu diesem Zeitpunkt teilweise ungeklärt.

In Bezug zum *Produktionssystem* sehen die Teilnehmer die Erfahrung sehr viel höher an. Dies

begründen sie damit, dass der Konzern bereits viele Jahre Fahrzeuge produziert und dementsprechend produktionserfahren ist. Allerdings betonen sie auch, dass die Produktion von HV-TBn sich stark von der Fahrzeugproduktion unterscheidet. Als Beispiele nennen sie den Produktionsschritt ‚Zellableiterschweißen‘, bei dem die Batteriezellen durch eine Schweißnaht verbunden werden, sowie Anforderungen an elektrostatische Entladung, Arbeit mit Hochvolt und Restschmutz. Demzufolge bewerten sie das siebte Kriterium mit einem Mittelwert.

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, weist die Systematik hinsichtlich der Einordnung der Produktentstehung der HV-TB für das Fahrzeugmodell EQC aufgrund der ‚Rechts-Ausprägung‘ gemittelt über alle Kriterien eine starke Tendenz in Richtung einer  $G_1$  aus. Dieser Tendenzaussagen stimmen die Experten des Workshops einstimmig zu.

#### **4.4 Zwischenfazit**

Alle drei Beispiele werden, gestützt durch das Ergebnis der Einordnungssystematik, von den jeweiligen Workshop-Teilnehmern als  $G_1$  eingeordnet. Das Kriterienmuster, das zu dieser Einordnung führt, unterscheidet sich. Beispielsweise zeigt sich im ersten Kriterium, dass die Mahle International GmbH weitaus stärker mit den Stakeholdern/-Nutzen bzw. den Rahmenbedingungen des WHR-Systems vertraut ist als die Daimler AG bzw. die Hekatron Vertriebs GmbH in Bezug auf ihre jeweiligen Systeme. Bei der Daimler AG konnte demzufolge unter anderem ein fokussierter Aufbau eines Lieferantennetzwerkes beobachtet werden.

Eine vergleichbare Differenz zwischen den drei Anwendungsbeispielen lässt sich in der Bewertung der Technologiezugänglichkeit erkennen. Die Hekatron Vertriebs GmbH, bei der die Zugänglichkeit am eingeschränktesten bewertet wird, begegnete diesem Umstand durch die Kooperation mit zwei Entwicklungsdienstleistern.

Die Beispiele zeigen die grundsätzliche Anwendbarkeit der  $G_1$ -Einordnungssystematik anhand unterschiedlicher Systeme in verschiedenen Unternehmen. Der reibungslose Ablauf innerhalb der verschiedenen Workshops und die Zustimmung der Teilnehmer zum Ergebnis lassen darauf schließen, dass die Einordnungssystematik die relevanten Fragestellungen adressiert und die Anwender ausreichend leitet. Die Diskussionen, die in den Workshops aufkamen, weisen darauf hin, dass die Kriterien weit genug gefasst sind, um verschiedene Sichten einfließen zu lassen. Die Festlegung auf einen gemittelten Wert wird, wie die Experten anmerken, dadurch allerdings erschwert.

Zusätzlich wird ersichtlich, dass die Tendenzaussage, die durch die Systematik hinsichtlich des  $G_1$ -Charakters getroffen wird, der Wahrnehmung der Experten weitestgehend entspricht. Der gegebene Interpretationsraum ermöglicht den Entscheidern, eine an die unternehmensspezifischen Gegebenheiten angepasste Entscheidung zu treffen. Anhand der Ausprägungen der einzelnen Kriterien lässt sich der Fokus frühzeitig auf die relevanten Maßnahmen, wie sie in Abschnitt 3.4 skizziert werden, innerhalb des gewählten Designraums legen

### **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Die Entwicklung einer Produktgeneration 1, kurz  $G_1$ , ist entitätsbezogen und kann für die entwickelnde Entität eine große Herausforderung darstellen. Demzufolge sind ein einheitliches Verständnis, eine systematische, prospektive Einordnungsmöglichkeit sowie adäquate Maßnahmen hinsichtlich des Entwicklungsprozesses unabdingbar. Die damit verbundenen Fragestellungen werden im vorliegenden Beitrag aus verschiedenen Blickwinkeln bearbeitet. Die entwickelten Antworten und Lösungen unterstützen Unternehmen bei der Herangehensweise an  $G_1$ -Entwicklungsvorhaben, bei denen „ein Entwicklungspfad [...] völlig neu begonnen [wird und] keine Vorgänger-Generation [als Referenz] vorhanden ist“ [Albers in 5]. Dabei geht es im ersten Schritt insbesondere darum, anhand der sieben definierten Kriterien Entwicklungen mit  $G_1$ -Charakter mittels einer Einordnungssystematik als solche zu erkennen und dafür ein Be-

wusstsein zu schaffen. Ist dies erfolgt, sollte im zweiten Schritt der Fokus auf die Herausforderungen gelegt werden, die sich aus der jeweiligen Ausprägung der sieben Kriterien ableiten. Hierzu frühzeitig geeignete Maßnahmen, die in diesem Beitrag initial vorgeschlagen werden, zu treffen, kann das Entwicklungsrisiko bei G<sub>1</sub>-Entwicklungen minimieren.

Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Ausdetaillierung zweier Kriterien der Systematik zur prospektiven Einordnung von Produktentwicklungen hinsichtlich ihres G<sub>1</sub>-Charakters. Bezüglich der Messbarkeit der Erfahrungskriterien zu Validierungs- und Produktionssystem bieten sich Möglichkeiten, diese durch aufgeschlüsselte validierungs- bzw. produktionsspezifische Faktoren zu verbessern. Hierbei gilt es, herauszuarbeiten, welche Faktoren bei der Entwicklung von Validierungs- bzw. Produktionssystemen relevant für die G<sub>1</sub>-Einordnung sind und inwiefern die aufgeschlüsselten Aspekte, die sich für die Produktentwicklung ergeben, übertragen werden können. Des Weiteren sind die initial vorgeschlagenen Maßnahmen, die in Folge einer G<sub>1</sub>-Einordnung getroffen werden können, auf ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen. Das Verständnis des Modells der PGE – Produktgenerationsentwicklung nach ALBERS lässt sich, wie die Anwendungsbeispiele zeigen, auch auf die Entwicklung von Systemen übertragen, die nicht im direkten Zusammenhang mit einem bestimmten Produkt stehen. Der Ansatz der Systemgenerationsentwicklung erweitert das Modell dahingehend und bezieht die Beschreibung solcher Systeme ein [31].

## 6 Anhang

Tabelle 3: Übersicht über alle Antworten im Rahmen der Kurz-Erhebung

	Frage 1	Frage 2
Konstruktion-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neue Technologie wird verwendet</li> <li>- Hoher konstruktiver Aufwand, sehr viele Neuentwicklungen</li> <li>- Hohes Risiko (Marktrisiko und Einstellen der Entwicklungsaktivitäten in frühen und späten Entwicklungsphasen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neues Wissen ins Unternehmen holen [C]</li> <li>- Kreativität ausleben (unkonventionelle Lösungsstrategien) [C]</li> <li>- Viele unsichere Anforderungen [H]</li> <li>- Späte Änderungen und damit hoher Aufwand im Änderungsmanagement (hoher Aufwand) [H]</li> <li>- Lange Entwicklungszeiten und damit verbundene Obsoleszenz [H]</li> </ul>
Konstruktion-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wesentliche technische Neuerungen, die vorher nicht im Produkt war, z.B. E-Auto von Verbrenner aus gedacht.</li> <li>- Nicht nur eine Verbesserung der bestehenden Technologie z.B. Common Rail Diesel zu bestehendem Diesel, sondern Austausch einer Schlüsseltechnologie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neues Wissen kann aufgebaut werden [C]</li> <li>- Fehlendes Wissen [H]</li> <li>- Breitere Grundlagenentwicklung [F]</li> <li>- Über den Tellerrand hinausschauen [F]</li> <li>- "Keine" Grenzen setzen, um mehr Breite zu erreichen [F]</li> <li>- Neues Wissen muss angeeignet werden [F]</li> <li>- Fokus liegt auf der schnellen Erarbeitung vielen "unkonkreter Ideen" und dann Umsetzung [F]</li> </ul>
Entwicklung-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erste Version des Produkts, das von der Firma so verkauft wird.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dafür muss man natürlich viel Erfahrung sammeln. [H]</li> <li>- Man muss quasi jedes Produktdetail neuentwickeln und das birgt viele Probleme. Zum Beispiel von der Kompetenzaufstellung da kann man nicht viel übernehmen, da braucht man einen ganzheitlichen Blick auf das ganze Produkt. [H]</li> <li>- Lange Entwicklungszeit und man muss viel ausprobieren bis es sicher genug ist und man es sich traut, dem Kunden zu verkaufen. [H]</li> <li>- Viele Innovationen können einfließen. Bei hohen Generationsstufen ist man sehr eingeschränkt vom Innovationspotenzial. [C]</li> <li>- Produkt an dem man am meisten lernt. [C]</li> </ul>
Entwicklung-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wenn ein Großteil der Funktionen noch nicht so da war</li> <li>- Stark vom Blickwinkel abhängig, z.B. neue Meldergeneration mit neuer Kommunikationsschnittstelle usw. ist für mich als Firmware-Entwickler eine klare G1, aber für den Markt nur eine Weiterentwicklung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aus Fehlern lernen, Neuanfang, Einsatz neuer Technologien und damit ggf. effizientere Produkte [C]</li> <li>- Zu viel Neuentwicklung als Risiko für Scheitern [H]</li> <li>- Mehr Arbeit in Konzepten, statt in Lösungen [F]</li> <li>- Deutlich längere Planungsphasen [F]</li> <li>- Fokus auf Testmanagement --&gt; Test driven Development [F]</li> <li>- Kürzere Phasen mit klaren Ja/Nein Entscheidungen zu Konzepten [F]</li> </ul>
Projektleitung-Entwicklung 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stark abhängig von Betrachtungswinkel, also betrachte ich System, Teilsystem, usw. zum Beispiel Streulichtprinzip selbst ist schon alt, aber die Kombination mit anderen Sachen kann wieder was Neues darstellen</li> <li>- G1 ist eine Enabler für Neues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- "Großes Ziel", das es umzusetzen gilt führt zu hoher Motivation [C]</li> <li>- Unternehmenserfolg/Marktpotenzial [C]</li> <li>- Branche der Sicherheitstechnik --&gt; Alarmfähigkeit muss sichergestellt sein [H]</li> <li>- Unternehmerisches/finanzielles Risiko [H]</li> <li>- Sich erstmal bewusstmachen, dass es sich um G1 handelt und damit um einen höheren Neuheitsgrad. [F]</li> <li>- Starker Fokus auf Unsicherheiten [F]</li> <li>- Kurzzyklisch viele Zwischenergebnisse einfordern, analysieren und nachsteuern [F]</li> </ul>

<b>Projektlei- tung-Entwick- lung-2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starker USP</li> <li>- Hohe Komplexität (Schnittstellen, viele Stakeholder, hoher Aufwand)</li> <li>- Hohe Innovationsfähigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neue Geschäftsbereiche/-felder und Kunden [C]</li> <li>- Unklare Anforderungen vom Kunden [H]</li> <li>- Finanzieller Aufwand bzw. versteckte Kosten verursacht durch Unsicherheiten [H]</li> <li>- Kein direktes Feedback vom Endkunden möglich bzw. verspätet [H]</li> </ul>
<b>Produkti- onssys- teme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein komplett neues Produkt in Serie, das vorher so noch nicht bestanden hat.</li> <li>- Eine allgemeine Marktneuheit.</li> <li>- Ein nur für uns neues Produkt in Serie zu bringen, ist für mich keine Produktgeneration 1.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufbau einer neuen Linie zur Folge und damit mehr Aufwand in der Etablierung neuer Abläufe und der Organisation. [H]</li> <li>- Möglichkeit, neue Dinge in das Produktionssystem zu integrieren, was bei Produkten, die schon in hoher Generation produziert wird, nicht so leicht ist. [C]</li> </ul>
<b>Produktma- nagement-1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produkt, in dem zum ersten Mal etwas auf den Markt kam bzw. etwas entwickelt wurde, was es so noch nicht gab.</li> <li>- Der Bezug geht aber immer auf den Hersteller, also das erste Produkt, das der Hersteller auf den Markt bringt und das keinen direkten Vorgänger hatte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorreiter am Markt und damit Marktgestaltungsmöglichkeiten [C]</li> <li>- Produkt wird von Kunden nicht angenommen [H]</li> <li>- Absatzprognose unsicher [H]</li> <li>- Noch intensivere Marktbeobachtungen [F]</li> <li>- Stückzahlen genau betrachten [F]</li> <li>- "Sensible" Anforderungen noch intensiver betrachten [F]</li> <li>- Mehr hinterfragen, auch gemeinsam mit Externen [F]</li> </ul>
<b>Produktma- nagement-2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Produkt muss Bestandteile besitzen, die vorher nicht in diesem Nutzungskontext vorhanden waren.</li> <li>- Es muss neue Kundensegmente bzw. Kundenanforderungen ansprechen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestehende Prozesse passen nicht zum Produkt. [H]</li> <li>- Man kann bestehende Organisation-(skapazitäten) nutzen, um zu skalieren. [C]</li> </ul>
<b>Produktmanage- ment-3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologiesprung von einem Produkt auf das nächste</li> <li>- Technologie, die es so vorher noch nicht gab</li> <li>- Ermöglichen neuer Funktionalitäten (z.B. Brücke schlagen zu "digitaler Welt")</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neue Geschäftsfelder erschließen [C]</li> <li>- Häufig Sorgenkind und zu teuer [H]</li> <li>- Fehlendes valides Feedback (im B2B Bereich Feedback erst nach einigen Monaten möglich) [H]</li> <li>- Anforderungen einschränken [F]</li> <li>- Details ausgrenzen und sich auf Kern fokussieren [F]</li> <li>- Mehr Kundenfeedback einbeziehen [F]</li> <li>- Prototyping um Feedback zu erlangen [F]</li> <li>- Generation 1 schnell in den Markt bringen, Feedback sammeln und früh 1. Facelift einplanen (Industrieprodukte) [F]</li> </ul>
<b>Sales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generation 1 hängt vom Produkt und vom eigenen Standing ab.</li> <li>- Merkmal kann z.B. neue Technologie sein.</li> <li>- Unterscheiden zwischen „die erste Generation am Markt“ und „die erste Generation für uns“ also im Unternehmen.</li> <li>- Die Bezeichnung wird sehr unterschiedlich verwendet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fehlende Entwicklungseffizienz bei „interner G1“ und Preis-/Wettbewerbsnachteil [H]</li> <li>- Abhängig von Markteintritt: Als early adaptor leichter. Aber sehr schwer, wenn der Markt schon gesättigt ist theoretisch und du trotzdem noch verkaufen willst, obwohl du höhere Aufwände hast, als die Leute die schon am Markt sind. [H]</li> </ul>
<b>Marke- ting</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es ist das erste Produkt seiner Art auf dem Markt</li> <li>- Das erste dem Kunden/Nutzer präsentierte Produkt, das im Nachhinein Weiterentwicklungen erfährt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mangelnde Akzeptanz der Nutzer wie auch teilweise der Verantwortlichen [H]</li> <li>- Aufsetzen neuer Konzepte, da G1en viel Testing vor Einführung benötigen. [F]</li> </ul>

## Literatur

- [1] H. Matsuoka, Elektrische Lenkung mit Mehrwert, ATZ Automobiltech Z 121 (2019) 86.
- [2] S. Novitski, D. Heinemann, Wird das GLE Coupé der neue Boss?, autobild.de, 2020, <https://www.autobild.de/artikel/mercedes-gle-coupe-test-motor-preis-diesel-16764155.html>, accessed 17 December 2020.
- [3] dpa, 5G Netz bis 2025: Bund will den Weg für schnellere mobile Datennetze ebnen, Elektronikpraxis, 2017.
- [4] K. Brecht, Nach dem Schuh aus Ozeanmüll: Dieser Adidas-Sneaker ist zu 100% recycelbar, Textilwirtschaft, 2019, <https://www.textilwirtschaft.de/business/sports/nach-dem-schuh-aus-ozeanmuell-dieser-adidas-sneaker-ist-zu-100-recyclbar-215417>, accessed 17 December 2020.
- [5] S.L. Yan, Vernetzte Validierungsumgebungen – Ein Beitrag zur Validierung im verteilten Produktentwicklungsumfeld auf Basis des IPEK-X-in-theLoop-Ansatzes am Beispiel der Antriebssystementwicklung. Dissertation, Karlsruhe, 2020.
- [6] A. Albers, N. Bursac, E. Wintergerst, Produktgenerationsentwicklung – Bedeutung und Herausforderungen aus einer entwicklungsmethodischen Perspektive, in: H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer, D. Roth (Eds.), Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, SSP 2015, Fraunhofer IAO, Stuttgart, 2015.
- [7] A. Albers, S. Rapp, M. Spadinger, T. Richter, C. Birk, F. Marthaler, J. Heimicke, V. Kurtz, H. Wessels, Das Referenzsystem im Modell der PGE – Produktgenerationsentwicklung: Vorschlag einer generalisierten Beschreibung von Referenzprodukten und ihrer Wechselbeziehungen, KITopen, 2019.
- [8] A. Albers, S. Rapp, M. Spadinger, T. Richter, C. Birk, F. Marthaler, J. Heimicke, V. Kurtz, H. Wessels, The Reference System in the Model of PGE: Proposing a Generalized Description of Reference Products and their Interrelations, in: Proceedings of the Design Society: ICED19, pp. 1693–1702.
- [9] A. Albers, F. Haug, N. Heitger, M. Arslan, S. Rapp, N. Bursac, Produktgenerationsentwicklung – Praxisbedarf und Fallbeispiel in der automobilen Produktentwicklung, in: J. Gausemeier (Ed.), Vorausschau und Technologieplanung, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, Paderborn, 2016.
- [10] S. Matthiesen, P. Grauberger, C. Sturm, M. Steck, From Reality to Simulation – Using the C&C<sup>2</sup>-Approach to Support the Modelling of a Dynamic System (2018).
- [11] A. Albers, N. Bursac, S. Rapp, PGE – Produktgenerationsentwicklung am Beispiel des Zweimassenschwungrads, Forschung im Ingenieurwesen 81 (2017) 13–31.
- [12] A. Albers, N. Reiß, N. Bursac, T. Richter, iPeM – Integrated Product Engineering Model in Context of Product Generation Engineering, Procedia CIRP 50 (2016) 100–105.
- [13] A. Albers, S. Rapp, N. Peglow, T. Stürmlinger, J. Heimicke, F. Wattenberg, H. Wessels, Variations as Activity Patterns: A Basis for Project Planning in PGE – Product Generation Engineering, Procedia CIRP 84 (2019) 966–972.
- [14] A. Albers, S. Rapp, T. Hirschter, J. Fahl, G. Wöhrle, Estimating Innovation Potential and Development Risks Based on Variations in Different System Views and Characteristics of Reference System Elements (eingereicht).



- [15] A. Albers, S. Rapp, J. Fahl, T. Hirschter, S. Revfi, M. Schulz, T. Stürmlinger, M. Spadinger, Proposing a Generalized Description of Variations in Different Types of Systems by the Model of PGE - Product Generation Engineering, Proc. Des. Soc.: Des. Conf. 1 (2020) 2235–2244.
- [16] A. Albers, S. Rapp, C. Birk, N. Bursac, Die Frühe Phase der PGE – Produktgenerationsentwicklung, in: H. Binz, B. Bertsche, W. Bauer, D. Spath, D. Roth (Eds.), Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung, SSP 2017, Fraunhofer IAO, Stuttgart, 2017.
- [17] O. Isaksson, C. Eckert, O. Borgue, S.I. Hallstedt, A.M. Hein, K. Gericke, M. Panarotto, Y. Reich, A.B. Öhrwall Rönnbäck, Perspectives on Innovation: The Role of Engineering Design, Proc. Int. Conf. Eng. Des. 1 (2019) 1235–1244.
- [18] J.A. Schumpeter, Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process., McGraw-Hill, New York, 1939.
- [19] J.A. Schumpeter, The Explanation of the Business Cycle, *Economica* (1927) 286–311.
- [20] A. Albers, J. Heimicke, B. Walter, G.N. Basedow, N. Reiß, N. Heitger, S. Ott, N. Bursac, Product Profiles: Modelling customer benefits as a foundation to bring inventions to innovations, *Procedia CIRP* 70 (2018) 253–258.
- [21] A. Albers, J. Heimicke, T. Hirschter, N. Reiß, A. Maier, N. Bursac, Managing Systems of Objectives in the agile Development of Mechatronic Systems by ASD – Agile Systems Design, *Proceedings of NordDesign 2018* (2018).
- [22] A. Albers, G.N. Basedow, J. Heimicke, F. Marthaler, M. Spadinger, S. Rapp, Developing a common understanding of business models from the product development perspective, *Procedia CIRP* (2020) 875-882.
- [23] J. Ebertz, A. Albers, K. Bause, Produktgeneration 1 – Hohe Anzahl an Variationen und wie man diese effizient absichert, in: D. Krause, K. Paetzold, S. Wartzack (Eds.), *Proceedings of DfX 2019*, Design Society, 2019.
- [24] T. Sommerlatte, J.-P. Deschamps, Der strategische Einsatz von Technologien: Konzepte und Methoden zur Einbeziehung von Technologien in die Strategieentwicklung des Unternehmens, in: Arthur D. Little International (Ed.), *Management im Zeitalter der strategischen Führung*, Gabler Verlag, Wiesbaden, 1985, pp. 39–76.
- [25] A. Albers, Simultaneous Engineering, Projektmanagement und Konstruktionsmethodik - Werkzeuge zur Effizienzsteigerung, in: *Deutscher Konstrukteurtag - Entwicklung und Konstruktion im Strukturwandel*, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1994, pp. 73–106.
- [26] F. Wattenberg, Modell und Methode zur Unterstützung bei der Festlegung von Variationen in der PGE. Masterarbeit, Karlsruhe, 2018.
- [27] S. Matthiesen, P. Grauberger, K. Hölz, T. Nelius, F. Bremer, A. Wettstein, A. Gessinger, B. Pflugler, K. Nowoseltschenko, K. Voß, *Modellbildung mit dem C&C<sup>2</sup>-Ansatz in der Gestaltung - Techniken zur Analyse und Synthese*, Karlsruhe, 2018.
- [28] H. Marlok, M. Bucher, N. Ferrand, Weiterentwicklung der Abgaswärmerückgewinnung, *ATZ Heavy Duty* 13 (2020) 46–49.
- [29] Hekatron Vertriebs GmbH, Genius Port - Funkgateway für Rauchwarnmelder, <https://www.hekatron-brandschutz.de/produkte/rauchmelder/produkte/genius-port>, accessed 11 December 2020.

- [30] DAIMLER AG, 2018, <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/picture/Derneue-Mercedes-Benz-EQC---der-erste-Mercedes-Benz-der-Produkt--und-Technologiemarkte-EQ.xhtml?oid=41062426>, accessed 10 December 2020.
- [31] A. Albers, C. Kürten, S. Rapp, J. Heimicke, C. Birk, J. Fahl, S. Hünemeyer, J. Ebertz, Systemgenerationsentwicklung - Produktunabhängige Entwicklung im Modell der SGE (in Bearbeitung).

## Bildquellen

Abbildung 1:

- Leuchtdiode: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Symbol\\_LED\\_%2B-.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Symbol_LED_%2B-.svg) (30.10.2020)
- Kompaktleuchtstofflampe: <https://www.osram-lamps.ch/de/traditionelle-lampen/kompaktleuchtstofflampen/index.jsp> (30.10.2020)
- LED-Innenleuchten: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Disassembled\\_LED\\_LED\\_light\\_bulbs\\_with\\_Edison\\_screw?uselang=de#/media/File:3w-led-e27.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Disassembled_LED_LED_light_bulbs_with_Edison_screw?uselang=de#/media/File:3w-led-e27.jpg) (30.10.2020)
- LED-Lampe: <https://www.led-lampenladen.de/OSRAM-LED-STAR-CLASSIC-A-100-BLI-K-Warmweiss-SMD-Matt-E27-Gluehlampe/OSRAM/4052899272392> (30.10.2020)
- LED-Strahler: <https://www.discounto.de/Angebot/Osram-LED-Strahler-Endura-Flood-2402732/> (30.10.2020)

KIT Scientific Working Papers  
ISSN 2194-1629

[www.kit.edu](http://www.kit.edu)